

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электропривод и электрооборудование

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Электрооборудование жидкотопливной котельной базового исполнения	
УДК <u>621.182.2-63</u>	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Шлюев Иван Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бурулько Л.К.	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭПЭО	Дементьев Ю.Н.	К.Т.Н.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электропривод и электрооборудование

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Ю.Н. Дементьев
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Выпускной работы бакалавра.

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Шлюеву Ивану Сергеевичу

Тема работы:

Электрооборудование жидкотопливной котельной базового исполнения

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Объектом проектирования является система электрооборудования котельной мощностью 1.8 МВт. Исходными данными являются: Напряжение питания переменный ток 220 В, 50 Гц; Электропривод неререверсивный, диапазон регулирования D =1:20; номинальная мощность двигателя 1.5 кВт</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>При проектировании и разработке электрооборудования жидкотопливной котельной необходимо: Из анализа литературных источников сформировать требования к системам электрооборудования, провести расчет максимальной потребляемой мощности котельной, расчет и выбор элементов системы электрооборудования. Выбор элементов и блоков управления. Привести общую принципиальную схему системы электрооборудования. В специальной части провести с использованием прикладной программы исследование неисправностей системы электрооборудования, Разработать разделы по технологической, экономической частям и рассмотреть вопросы экологии и техники безопасности.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Электрическая принципиальная схема электрооборудования жидкотопливной котельной, структурная и функциональная схема котельной и ее характеристики, технологическая карта по поиску неисправностей в системе электрооборудования.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
<i>Основной общий и специальный разделы ВКР</i>	<i>Руководитель дипломной работы Бурулько Л.К.</i>
<i>Экономическая часть ВКР</i>	<i>Трофимова Маргарита Николаевна</i>
<i>Раздел экология и техника безопасности</i>	<i>Дашковский Анатолий Григорьевич</i>

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф ЭПЭО	Бурулько Л.К.	Доцент, к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Шлюев И. С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Шлюеву Ивану Сергеевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, а также нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Разработка технического задания и выбор направления исследований
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Теоретические и экспериментальные исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Обобщение и оценка результатов, оформление отчета по НИР

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Шлюев Иван Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Б	Шлюеву Ивану Сергеевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	<i>1. Описание рабочего места на предмет: анализ вредных и опасных факторов, воздействие на окружающую среду, возможные ЧС и места их возникновения, организация работы отдела охраны труда.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	<p><i>1. Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Воздух рабочей зоны; – Вентиляция помещений; – Шум и вибрация; – Освещение рабочей зоны. <p><i>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Электробезопасность; – Составление правил работы с исследуемым оборудованием для предотвращения травматизма; – Защита от случайного прикосновения; – Зануление. <p><i>3. Охрана окружающей среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ объекта воздействия на атмосферу; – Утилизация отходов производства. <p><i>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Наиболее вероятными ЧС при исследовании и проверке электроприводов блочно-модульной котельной являются КЗ и пожар на рабочем месте. <p><i>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Перечень законодательных и нормативных документов в порядке их цитирования по пунктам раздела.
Перечень расч-го и граф-го материала:	<i>Расчет искусственного освещения для помещения.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Б	Шлюев Иван Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 105 с., 23 рис., 33 табл., 23 источника.

Ключевые слова: блочно-модульная котельная, базовое исполнение, жидкотопливная горелка, топливный насос, дизельное топливо, асинхронный электропривод, преобразователь частоты, аппараты защиты, динамические характеристики, функциональная схема.

Объектом исследования является система электрооборудования жидкотопливной котельной базового исполнения.

Цель работы – проектирование электропривода насоса жидкотопливной горелки. В процессе исследования разрабатывалась имитационная модель системы электропривода топливного насоса в среде MATLAB. Область применения: в асинхронных электроприводах котельных.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	9
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	11
I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	11
1.1. Описание жидкотопливной блочно-модульной котельной.....	11
1.2. Режимы работы жидкотопливной блочно модульной котельной.....	18
1.3. Элементы электрооборудования жидкотопливной котельной.....	20
1.4. Описание жидкотопливной горелки.....	22
1.5. Выбор мощности жидкотопливной горелки.....	24
II. ВЫБОР И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЖИДКОТОПЛИВНОЙ КОТЕЛЬНОЙ	26
2.1. Расчёт и выбор мощности двигателя жидкотопливной горелки.....	26
2.2. Выбор источника электропитания двигателя жидкотопливной горелки.....	28
2.2.1. Расчет инвертора.....	30
2.2.2. Расчет выпрямителя.....	32
2.2.3. Расчет фильтра.....	33
2.3. Выбор аппаратуры управления и защиты.....	34
2.3.1. Выбор пускателя.....	34
2.3.2. Выбор плавких предохранителей.....	35
2.4. Выбор типа и сечения кабеля.....	36
III. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБРУДОВАНИЯ ЖИДКОТОПЛИВНОЙ КОТЕЛЬНОЙ	37
3.1. Расчёт естественных характеристик $\omega=f(I)$, $\omega=f(M)$ системы регулируемого электропривода.....	37
3.2. Расчёт искусственных характеристик $\omega=f(I)$, $\omega=f(M)$ системы регулируемого электропривода для заданного диапазона регулирования скорости.....	45
3.3. Расчет электромеханических переходных характеристик $\omega=f(t)$, $M=f(t)$ при пуске, набросе и сбросе нагрузки при мгновенном изменении задания.....	50
IV. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА	52
4.1. Составление силовой схемы регулируемого электропривода.....	52
4.2. Составление схемы управления регулируемого электропривода.....	53
СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	55
V. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	55
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	55
5.2. Анализ конкурентных технических решений.....	57

5.3. Технология QuaD.....	58
5.4. SWOT анализ.....	60
5.5. Планирование научно-исследовательских работ.....	64
5.5.1. Структура работ научного исследования.....	64
5.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	66
5.5.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	67
5.5.4. Бюджет научно-технического исследования.....	68
5.5.5. Основная заработная плата исполнителей темы.....	68
5.5.6. Отчисления во внебюджетные фонды.....	70
5.5.7. Накладные расходы.....	71
5.5.8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	71
5.6. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	73
VI. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	77
6.1. Понятие социальной ответственности.....	77
6.2. Анализ опасных и вредных факторов.....	78
6.3. Влияние выявленных опасных и вредных производственных факторов на организм человека.....	79
6.3.1. Микроклимат.....	79
6.3.2. Освещение.....	80
6.3.3. Неблагоприятное освещение.....	83
6.3.4. Повышенный уровень шума на рабочем месте.....	84
6.3.5. Вибрация.....	85
6.3.6. Тепловое излучение.....	86
6.3.7. Химический фактор.....	87
6.4. Охрана окружающей среды.....	88
6.5. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	89
6.5.1. Травмоопасность.....	89
6.5.2. Электробезопасность.....	91
6.5.3. Пожаровзрывоопасность.....	93
6.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	94
6.7. Охрана труда при работе в котельных установках.....	96
6.7.1. Общие требования безопасности по охране труда.....	96
6.7.2. Требования безопасности перед началом работы.....	96
Заключение.....	97
Список литературы.....	98
Приложение А.....	100
Приложение Б.....	102
Приложение В.....	104

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, одной из наиболее приоритетных задач теплоснабжения является повышение энергоэффективности тепловых сетей и снижение капиталовложений на их ремонт и обслуживание. В Российской Федерации более 70% процентов тепловой энергии производится системами централизованного отопления, остальные 30% приходятся на производство с помощью децентрализованных источников. Такие источники имеют ряд преимуществ по сравнению с системами централизованного теплоснабжения, а именно:

- повышение энергоэффективности системы теплоснабжения, за счет сокращения расстояния «источник тепла - потребитель» и как следствие отсутствия теплотрасс, имеющих потери до 25% от передаваемого тепла.
- независимость от графиков отопительного сезона котельных централизованного отопления.
- исключение перерасхода топлива и сокращение вредных выбросов в атмосферу.

При использовании децентрализованных источников тепла, возможно, достичь не только снижения капитальных вложений за счет уменьшения протяженности тепловых сетей, но и переложить расходы на стоимость жилья. Именно этот фактор в последнее время и обусловил повышенный интерес к децентрализованным системам теплоснабжения для объектов нового строительства жилья. Организация автономного теплоснабжения позволяет осуществить реконструкцию объектов в городских районах старой и плотной застройки при отсутствии свободных мощностей в централизованных системах.

Одним из способов увеличения доли децентрализованных источников тепла, является применение современных блочно-модульных котельных с широким диапазоном мощностей и функциональных возможностей.

Блочно-модульные котельные – это готовое комплексное решение по теплообеспечению зданий жилищно-коммунального и промышленного назначения. Такие котельные можно устанавливать, как в отдельном здании небольшой площади, так и внутри или на крыше уже существующего строения. Блочно-модульные котельные могут подключаться к системам централизованного отопления или специально созданным системам теплоснабжения. Доставка к месту установки может быть осуществлена с помощью практически любого вида транспорта. Так же применение таких котельных имеет ряд других преимуществ:

- сниженная стоимость и сроки монтажа
- компактные габариты, позволяющие устанавливать котельные ближе к потребителю
- высокий уровень автоматизации
- возможность создания котельных с широким диапазоном мощностей и индивидуальных потребностей заказчика

Задачей поставленной в данной выпускной работе является расчет и проектирование систем электрооборудования жидкотопливной котельной базового исполнения. В работе будут использованы современные средства моделирования с использованием ЭВМ.

В связи с вышеизложенным тема выпускной работы, где объектом проектирования является система электрооборудования жидкотопливной котельной базового исполнения мощностью 1.8 МВт, имеет практическую целесообразность и актуальна.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.1. Описание жидкотопливной блочно-модульной котельной.

Блочно-модульная котельная представляет собой котельную особой конструкции, выполненную в виде отдельного автономного модуля, который в сжатые сроки может быть перемещен на нужный объект. Такие котельные могут быть смонтированы в частном доме или другом помещении. В этом случае, котельная сооружается за счет установки и соединения, заранее подготовленных, отдельных модулей. Помимо этого, модульная система позволяет сооружать ее не только в уже существующих помещениях, но и на любой ровной площадке подходящей по габаритам. Отсутствие необходимости возведения специального здания обусловлено возможностью сооружения типового металлического каркаса, покрытого трехслойными сэндвич-панелями из теплоизоляционного материала.

Блочно-модульные котельные имеют возможность быстрого соединения между собой для суммирования выходной мощности по требованию заказчика. Также они обладают высоким уровнем автоматизации, практически за все время эксплуатации оборудование котельной работает автономно, без участия оператора. Режимы работы регулируются автоматически при помощи блоков управления, модемной связи и информации, получаемой с нескольких наборов датчиков. Датчики контролируют температуру в отапливаемых помещениях и другие параметры в самой котельной. Блочно-модульные котельные имеют широкий диапазон мощностей от 100 кВт до 10 МВт.

Среди многообразия блочно-модульных котельных стоит выделить несколько основных разновидностей:

- котельные в крышном исполнении, предназначены для установки их на крыше отапливаемых зданий и сооружений.

- блочно-модульные котельные в базовом исполнении это котельные размещаемые за пределами территории отапливаемых строений, расположенные в специальных блоках из легких конструкций

- модульные котельные, которые размещаются в специально сооружаемых для них зданиях, обычно, пристраиваемых к объекту, который нужно отапливать.

На рисунке 1 представлен внешний вид блочно-модульной котельной в базовом исполнении.

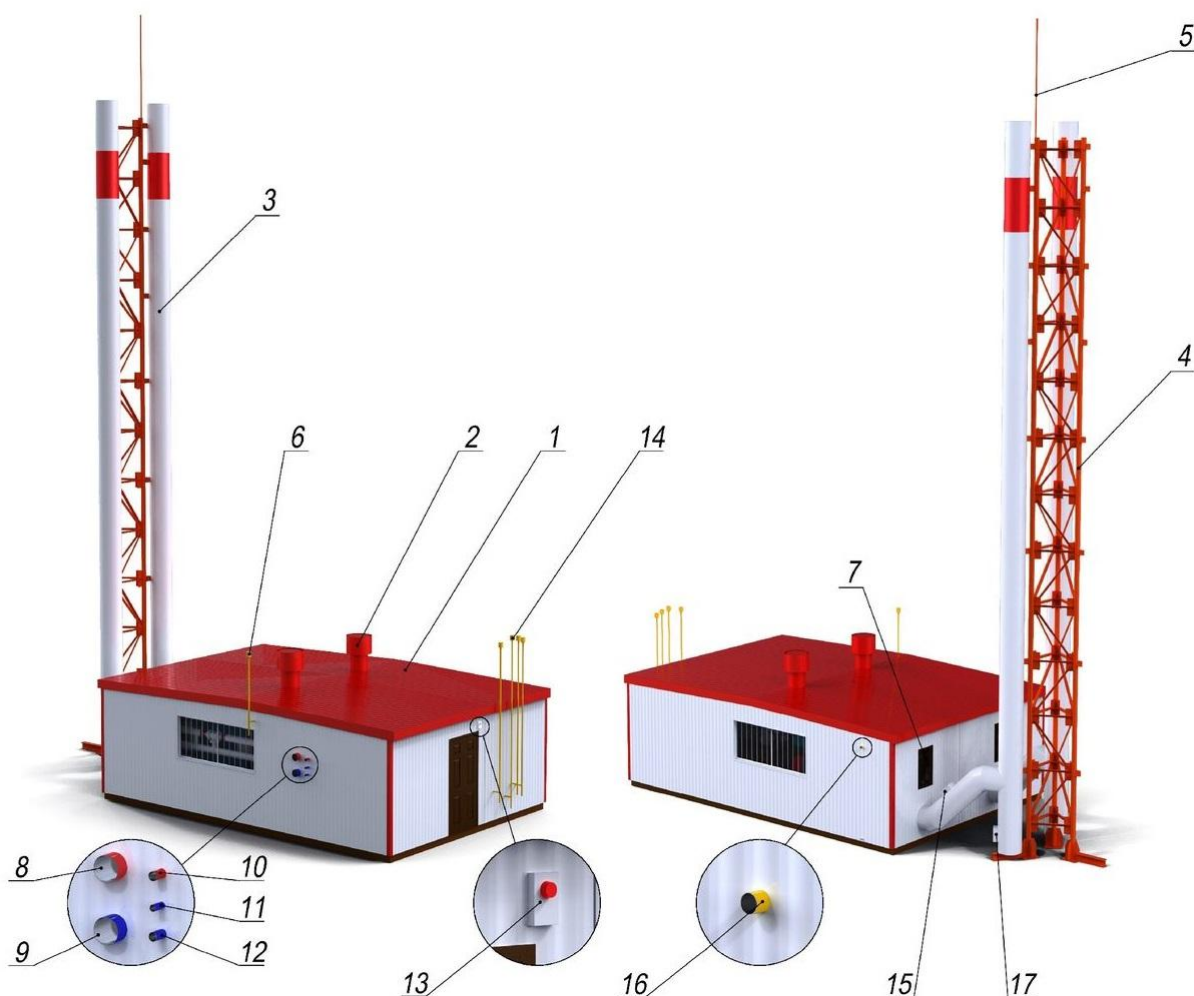


Рисунок 1 – внешний вид блочно-модульной котельной в базовом исполнении

где,

1 – контейнер

2 – дефлектор вытяжной вентиляции

3 – опорно-расположенный дымоход вентиляции

4 – несущая башня

5 – громоотвод

6 – продувочная свеча котлов

7 – окно приточной вентиляции

8,9 – прямой и обратный трубопроводы отопления соответственно

10,11 – подающие трубопроводы ГВС и ХВС соответственно

12 – циркуляционный трубопровод

13 – внешнее сигнальное устройство

14 – продувочные свечи от газорегуляторного узла

15 предохранительный взрывной клапан

16 – ввод топлива

17 – прочистной люк.

Контейнер 1 является корпусом блочно-модульной котельной. Он защищает оборудование котельной от воздействия окружающей среды и состоит из легкого несущего каркаса и теплоизоляционных сэндвич панелей. Отдельные независимые дымовые трубы 3 соединены с котлами, они имеют сертификат соответствия нормам пожарной безопасности. Таким образом, модульная котельная имеет как минимум две дымовые трубы. Дымовые трубы высотой 6 метров входят в объем поставки для котельных от 200 кВт до 10 МВт. По желанию заказчик может отказаться от дымовой трубы 6 метров, и установить дымовые трубы другой высоты, а именно 9, 12, 15 метров. В котельных применяется система двустенных дымоходов выполненных из

нержавеющей стали с минераловатной изоляцией толщиной 32,5 мм в базовом исполнении и 50 мм в северном исполнении. В зависимости от мощности и исполнения котельной дымовые трубы могут иметь самонесущее или опорное расположение труб с использованием несущей башни 4 и громоотвода 5. Также имеется прочистной люк 17 для очистки труб от сажи. Прямой трубопровод отопления 8 служит для подачи теплоносителя в сеть. После того как теплоноситель пройдет через систему отопления здания он возвращается по трубопроводу 9 обратно в котел. Трубопроводы 10, 11 обеспечивают бесперебойное водоснабжение объекта горячей и холодной водой соответственно, а трубопровод 12 обеспечивает циркуляцию воды в системе. Топливоподача обеспечивается с помощью топливопровода 16, в случае повышения уровня давления срабатывает предохранительный клапан, а при отсутствии давления регуляторы высокого давления перекрывают поступление топлива. Перед запуском котельной, через продувочные свечи котлов и газорегуляторного узла 6 и 14 соответственно вытеснят воздух, для полного заполнения системы топливом, во избежание воздушных пробок в системе. Для обеспечения требований к вентиляции в котельных имеется дефлектор вытяжной вентиляции 2 и окно приточной вентиляции 7. Блочно-модульные котельные обеспечиваются пожароохранной сигнализацией 16 и сигнализацией по угарному газу и метану.

Блочно-модульные котельные можно разделить по типу используемого топлива.

- котельные, работающие на жидком топливе (дизельное топливо, мазут)
- котельные, работающие на газовом топливе
- комбинированные котельные, использующие в своей работе, как жидкое топливо, так и газообразное.

Модульная конструкция котельной позволяет компактно расположить все необходимое оборудование внутри и обеспечить удобный круглосуточный доступ к нему обслуживающему персоналу.

Внутреннее устройство жидкотопливной котельной представлено на рисунке 2.

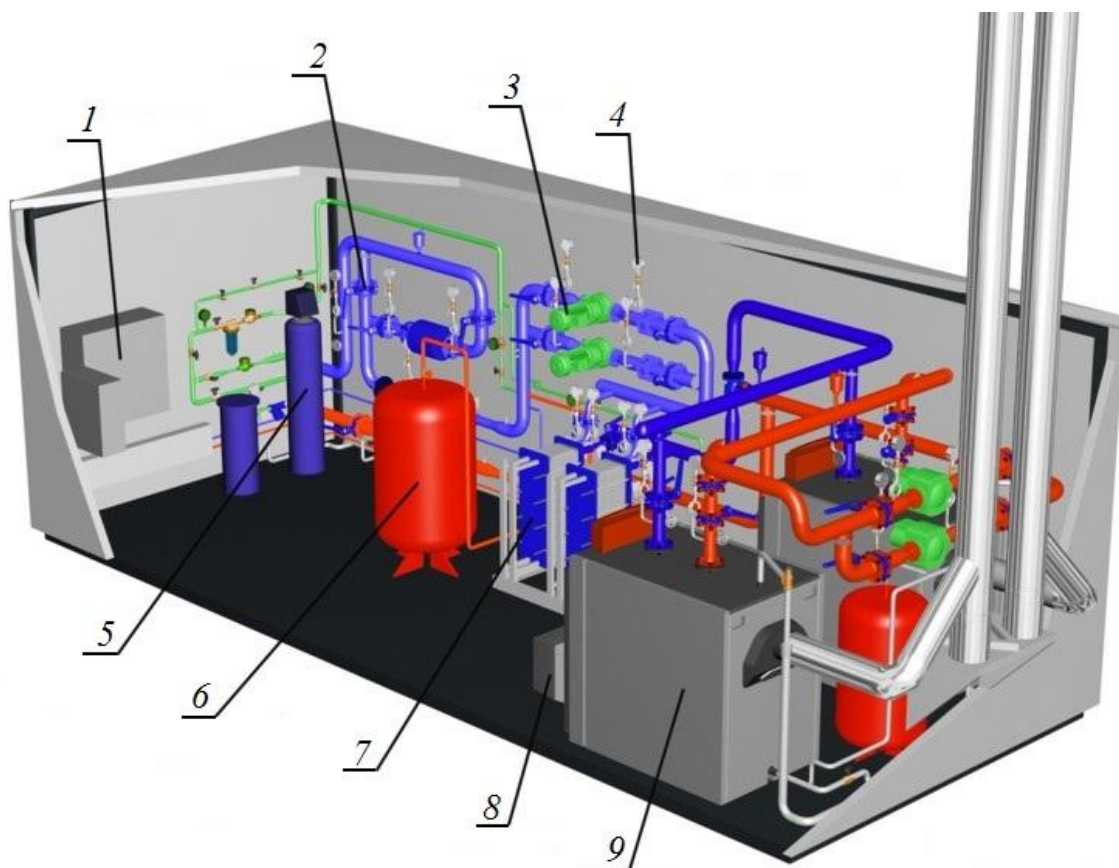


Рисунок 2 – внутреннее устройство жидкотопливной котельной

где,

- 1 – шкаф управления
- 2 – запорная арматура
- 3 – насосы
- 4 – КИП
- 5 – устройство водоподготовки
- 6 – расширительный бак

7 – теплообменники

8 – горелка

9 – котел

Водогрейный котел 9 представляет собой теплообменное устройство, где тепло от горячих продуктов горения топлива передается воде. В результате этого в паровых котлах вода превращается в пар, а водогрейных, нагревается до требуемой температуры. Надежность отпуска тепла потребителям гарантируется наличием в составе котельных не менее двух стальных жаротрубных котлов. Важнейшим элементом жидкотопливной котельной является горелка 8. Она обеспечивает устойчивое сгорание жидкого топлива (дизельного, мазута, сырой нефти) и регулирование горения.

Аппаратура управления и автоматики смонтировано в шкафу 1 в соответствии с электрической схемой. Устройство водоподготовки 5 обеспечивает снижение жесткости котловой воды и препятствует образованию накипи на теплообменниках 7. Устройство поддержания давления с расширительным баком 6 автоматически подпитывает водой котловую и сетевую контуры, обеспечивая необходимый уровень давления в системе водоснабжения. Готовый теплоноситель перекачивается по системе с помощью насосов 3, они обеспечивают необходимое давление в системе отопления и циркуляцию теплоносителя. Система комплексной автоматики обеспечивает стабильную работу котельных без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Дистанционный контроль работы основного оборудования котельной осуществляется посредством выносного диспетчерского пульта сигнализации, который имеет модемную связь с блок-модемом в котельной. Контрольно-измерительные приборы 4, зарегистрированные в Государственном реестре средств измерений, позволяют осуществлять учет потребляемой электроэнергии, расхода топлива, количества передаваемой тепловой энергии, отпускаемой холодной и горячей воды. Также они обеспечивают контроль работы оборудования котельной.

Принципиальная схема жидкотопливной блочно-модульной котельной представлена на рисунке 3.

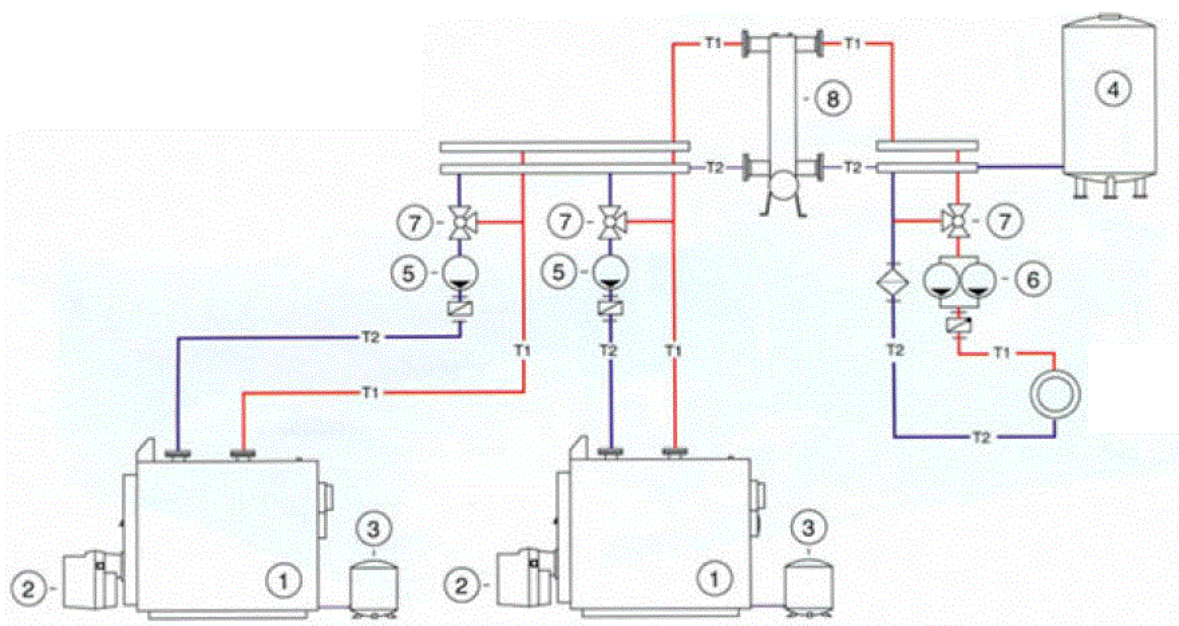


Рисунок 3 – принципиальная схема жидкотопливной блочно-модульной котельной.

где,

- 1 – водогрейный котел
- 2 – горелка
- 3 – расширительный мембранный бак
- 4 – установка поддержания давления
- 5 – насос циркуляционный котлового контура
- 6 – насос циркуляционный сетевой
- 8 – гидравлический разделитель

Гидравлический разделитель 8 позволяет осуществить гидравлическую развязку котлового и сетевого контуров и обеспечивает стабильную работу котельной в системах с большим объемом воды при интенсивной динамике изменения расходов, температуры и давления.

1.2. Режимы работы жидкотопливной блочно модульной котельной.

Одним из главных условий выбора режима работы котельной, является обеспечение экономичности и высоких значений КПД котельной. Это становится, возможно, при правильном выборе нагрузки на котельную. Нагрузка между котлами должна быть распределена так, чтобы они все работали в зонах экономичных нагрузок. Для этого нагрузка распределяется между котлами пропорционально их номинальной мощности. В случае разности КПД котлов, следует больше нагружать котел с более высокими показателями экономичности. Его нагружают до верхнего предела области экономичной нагрузки (80-85%), остальную нагрузку берет на себя котел с более низким значением КПД.

Режимы работы котла изменяются в соответствии с режимными картами. Режимная карта котла – документ, составленный на основании режимно-наладочных работ и балансовых испытаний, содержащий основные оперативные и контрольные параметры работы котла, значение КПД, удельный расход топлива при различной производительности и другие параметры.[12]

Перед розжигом котла в блочно-модульной котельной необходимо обеспечить выполнение следующих действий:

Провести осмотр котла, топливопроводов, топливной арматуры, и технологических трубопроводов котельной установки для проверки соответствия требованиям Правил безопасности и Правил устройства энергоустановок. Исключить образование воздушных пробок в топливной системе, используя продувочные свечи. Произвести осмотр и проверку исправности приборов теплотехнического контроля и средств автоматизации. Проверить:

- целостность приборов
- соответствие показаний приборов с показаниями в режимной карте
- открыть задвижки на прямом и обратном трубопроводах котла
- подать питание на шкаф управления

- проконтролировать режим работы циркуляционного насоса котла по показаниям манометров

Перед розжигом котла также следует проверить плотность всей арматуры котельной. При наличии двойного магнитного клапана с блоком автоматического контроля, плотность его закрытия проверяется автоматически, а при его негерметичности программа розжига останавливается. Включение котла производится пусковым выключателем на системе управления. При включении системы управления горелка запускается в автоматическом режиме.

Плановая остановка котла производится следующим образом:

- приводят запорную арматуру в исходное положение
- выключают котел пусковым выключателем на системе управления
- отключают пусковой выключатель

Горелки имеют множество режимов работы, среди них стоит выделить несколько основных:

- одноступенчатый режим работы, при котором горелка все время работает на полной мощности. Для осуществления регулирования происходит постоянное включение и выключение горелки.

- Двухступенчатый режим работы позволяет работать на 100% и 40% мощности. При этом переход от 40% к 100% мощности осуществляется плавно.

- Модулируемый режим работы горелки изменяет температуру теплоносителя, путем плавного изменения мощности, от ее минимального значения до максимального.

1.3. Элементы электрооборудования жидкотопливной котельной

Электрооборудование котельной - это комплекс электроустановок служащий для поддержания нормальной работы котлов и других элементов котельной.

Помимо электрических цепей, которые служат для подключения котельной к внешнему источнику питания, стоит выделить такие элементы электрооборудования как: электродвигатели насосов и дымососов, шаговые электродвигатели сервоприводов заслонок, преобразователи частоты, аппараты защиты и микропроцессорные системы управления.

Наиболее энергопотребляемыми электроустановками котельной являются насос для циркуляции и насос для подачи топлива и электропривод дымососов. Циркуляционный насос служат для обеспечения циркуляции теплоносителя в системе и приводятся в движение электродвигателем. Внешний вид циркуляционного насоса Grundfos UPS 40-120 представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – внешний вид циркуляционного насоса Grundfos UPS 40-120

Топливный насос горелки служит для нагнетания топлива в сопло горелки и сброс излишков топлива обратно в топливный узел. Обычно топливные насосы горелок имеют шестеренчатый тип рабочего механизма.

Дымососы – это устройства, которые обеспечивают принудительное удаление продуктов сгорания топлива в котельных. Такие устройства позволяют уменьшить концентрацию посторонних веществ и абразивных частиц в трубах и котлах, а также снизить количество потребляемой электроэнергии, путем повышения КПД котельной. Это продлевает срок службы всего котельного оборудования в целом.

Автоматизация работы котлов выполняется с использованием систем автоматики. Системы автоматики современных котлов выполняют следующие функции:

1) автоматическое регулирование параметров работы

- давление пара в барабане паровых котлов или температуры горячей воды

- соотношение топливо\воздух

- разрежение в топке

2) автоматическая защита котла отключением подачи топлива при следующих предаварийных ситуациях:

- повышение температуры горячей воды

- отклонение давления топлива перед соплом горелки

- понижение давления воздуха перед горелками

- понижение разрежения в топке

- погасание факела

1.4. Описание жидкотопливной горелки

Горелки выполняют основную функцию в системе производства тепла. Основной задачей горелки является подготовка смеси топлива и воздуха и последующее ее сжигание. Этим достигается получение тепла в камере сгорания.

На рисунке 5 представлена дизельная горелка Weishaupt WL 20.

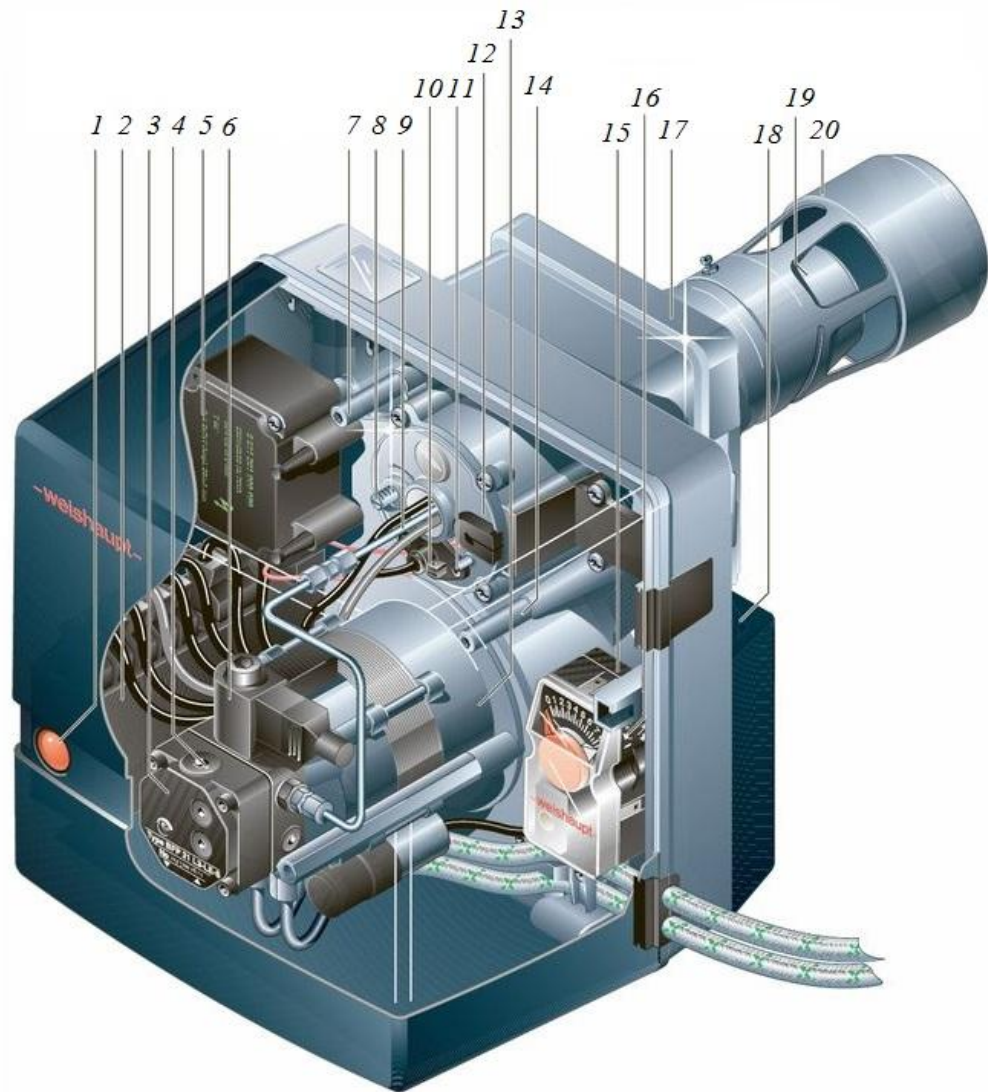


Рисунок 5 - горелка Weishaupt WL 20

Конструктивные элементы горелки собраны в единый блок, занимая при этом минимальную площадь. Присоединение к котлу обеспечивается фланцем горелки 17. Подача топлива осуществляется топливным насосом 3, который приводится в движение с помощью электродвигателя 13. Очистка топлива происходит благодаря установленному топливному фильтру 4. При

необходимости магнитный клапан 6 обеспечивает надежное запираание топливопровода. Менеджер горения 2 управляет работой горелки, получая информацию от датчиков пламени и давления 10-11. Воспламенение топлива происходит благодаря прибору зажигания 5. Необходимую защиту и сигнализацию обеспечивают светосигнализация с кнопкой разблокировки 1 и концевой выключатель. Для регулирования подачи воздуха в горелке установлена воздушная заслонка, которая управляется с помощью сервопривода 15, начальное положение может быть отрегулировано винтом 16. Возможна внешняя регулировка пламенной головки 19 с насадкой 20 во время работы горелки.

Жидкотопливные горелки – это полностью автоматизированные горелочные устройства, которые имеют одноступенчатое (одна форсунка), двухступенчатое (две форсунки) или модулируемый вид регулирования. Подключение любых видов регулирования котлов осуществляется к клеммной раскладке коммутационного блока или шкафа регулирования горелки в соответствии с электрической схемы горелки. Жидкотопливные горелки имеют микропроцессорный менеджер горения.

1.5. Выбор мощности жидкотопливной горелки

Горелка – это один из главных элементов системы котельного оборудования. От правильности ее выбора во многом зависит эффективность и безопасность всей системы в целом. Для обеспечения резервирования в блочно-модульных котельных предусмотрена установка не менее двух котлов.

$$P_{\kappa} = \frac{P_{\text{кот}}}{n_{\kappa}} = \frac{1.8 \text{ MBm}}{2} = 0.9 \text{ MBm}$$

При выборе горелки нужно учитывать КПД передачи энергии от горелки котлу.

$$P_{\Gamma} = \frac{P_{\kappa}}{\eta_{\kappa}} = \frac{900 \text{ кВт}}{0.92} = 978 \text{ кВт}, \text{ где}$$

P_{Γ} - расчетная мощность горелки

P_{κ} - мощность котла

η_{κ} - КПД котла

Из каталога [2] выбираем горелку Oilon KP-80H, внешний вид которой представлен на рисунке 6, а технические данные в таблице 1.



Рисунок 6 – внешний вид горелки KP-80H

Таблица 1 – Технические параметры горелки.

Тип горелки	KP-80H
Двигатель горелки: 400 В, 50 Гц	
Мощность, кВт	1.5
Ток двигателя, А	3.2
Число оборотов, об/мин	2840
Сервомотор	SQN
Топливный насос	AJ6
Масса	51

Жидкотопливная горелка Oilon KP-80H имеет корпус из алюминиевого сплава, в котором, располагается крыльчатка вентилятора и топливный насос AJ6, приводимые в движение трехфазным электродвигателем мощностью 1.5 кВт. Пускатель электродвигателя и защитное термореле уже смонтировано на горелке. Воздушная заслонка с сервоприводом, расположенные со всасывающей стороны регулируют воздушный поток в соответствии с необходимой тепловой мощностью.

Шестеренчатый топливный насос AJ6, представляет собой базовую модель, имеющую встроенный клапан регулирования давления с прерыванием. Параметры насоса представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры топливного насоса AJ6.

Параметр насоса	Значение
Заводские установки давления	12 бар
Температура топлива	0 – 60С ⁰
Давление на входе	2 бар
Номинальная частота вращения	2850 об/мин

II. ВЫБОР И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЖИДКОТОПЛИВНОЙ КОТЕЛЬНОЙ

2.1. Расчёт и выбор мощности двигателя жидкотопливной горелки

Исходные данные для расчета мощности двигателя представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Данные для расчета мощности двигателя.

Производительность, м ³ /с	Напор, м	Скорость вращения вала насоса, об/мин	КПД насоса	КПД передачи	Плотность перекачиваемой жидкости кг/м ³	Коэффициент запаса
0,0016	30	2900	0,45	1,0	860	1,3

По формуле определяется необходимая расчетная мощность, для дальнейшего выбора двигателя:

$$P_{\text{дв}} = K_z \cdot P_{\text{нас}} = K_z \cdot \frac{Q \cdot P_n}{\eta_{\text{на}} \cdot \eta_n} \cdot 10^{-3} = K_z \cdot \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_{\text{на}} \cdot \eta_n} \cdot 10^{-3} =$$

$$= 1,2 \cdot \frac{860 \cdot 9,81 \cdot 0,0016 \cdot 30}{0,45 \cdot 1} \cdot 10^{-3} = 1,169 \text{ кВт}$$

$$P_H \geq P_{\text{расч}} = 1,16 \text{ кВт}$$

где,

K_z – коэффициент запаса;

$P_{\text{нас}}$ – мощность насоса (гидравлическая), кВт;

P_n – давление на напоре насоса, Па;

$Q_{\text{на}}$ – производительность насоса, м³ / с ;

H – полный напор жидкости, м;

ρ – плотность перекачиваемой жидкости, кг / м³;

g – ускорение свободного падения, м / с²;

$\eta_{\text{на}}$ – КПД насоса;

η_n – КПД передачи;

Из каталога [9] выбран двигатель АИР 80 А2 имеющий параметры, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики выбранного двигателя

Заданные величины	Условное обозначение	Единица измерения	Численное значение
Фазное напряжение	U_{ϕ}	В	220
Линейное напряжение	$U_{\text{л}}$	В	380
Мощность двигателя	$P_{\text{дв.}}$	Вт	1500
КПД	η_n	%	81
Синхронная частота вращения	n_c	об/мин	3000
Коэффициент мощности	$\cos \varphi_n$	о.е.	0,85
Номинальное скольжение	S_n	%	5
Кратность пускового тока	k_i	о.е.	7
Кратность пускового момента	k_n	о.е.	2,1
Кратность максимального момента	k_{max}	о.е.	2,2
Кратность минимального момента	k_{min}	о.е.	1.6
Коэффициент загрузки двигателя	$P_{\text{жс}}$	о.е.	0,75
Число пар полюсов	p	-	1
Частота питающей сети	f	Гц	50
Число фаз двигателя	m	-	3
Момент инерции ротора	J	$\text{кг} \cdot \text{м}^2$	0,0018

Для замены насоса АЛ6 из каталога [10] может быть выбран насос КМ40-32-160-Е, его параметры представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики насоса КМ40-32-160-Е.

Тип насоса	Подача, $\text{м}^3 / \text{ч}$	Напор, м	Макс. потребляемая мощность насоса, кВт	Частота вращения, (об / мин)
КМ40-32-160-Е	6	30	1100	2900

2.2. Выбор источника электропитания двигателя жидкотопливной горелки

В качестве источника питания для электродвигателя топливного насоса двигателя был выбран преобразователь частоты. Исходя из условий: $I_{н.пч} \geq 1,25 I_{н.дв.}$ $P_{н.пч.} \geq 1,25 P_{н.дв.}$ был выбран преобразователь частоты фирмы «Schneider Electric» модели ATV 61WU22N4, внешний вид, которого приведен на рисунке 7. Полная мощность преобразователя частоты 3,3 кВА, линейный ток при 380В равен 5,1А.

Правильность выбор преобразователя частоты зависит от следующих условий:

1) Рассчитывается полная пусковая мощность ПЧ:

$$\left[\frac{k \cdot n}{9550 \cdot \eta \cdot \cos \varphi} \cdot \left(M_{ст} + \frac{J}{9,55} \cdot \frac{n}{t_A} \right) \right] \leq 1,5 \cdot P_{н.пч.}$$
$$\left[\frac{0,95 \cdot 2980}{9,55 \cdot 0,81 \cdot 0,85} \cdot \left(4,8 + \frac{0,0018}{9,55} \cdot \frac{2980}{10} \right) \right] = 2,093 \leq 1,5 \cdot 2200$$
$$2,093 \text{ кВА} \leq 3,3 \text{ кВА}$$

где k – коэффициент искажения тока, который определяется типом алгоритма построения синусоиды тока при использовании широтно-импульсной модуляции. Коэффициент имеет диапазон значений от 0,95 до 1,05;

t_A – требуемое время разгона двигателя до номинальной частоты вращения;

$M_{ст}$ – статический момент нагрузки двигателя.

2) Рассчитывается потребляемый ток, $I_{потр}$. Этот ток, который потребляет двигатель, работающий от преобразователя частоты.

$$I_{потр} = \frac{k \cdot n \cdot M_{ст}}{9,55 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U \cdot \sqrt{3}} = \frac{0,95 \cdot 2980 \cdot 4,807}{9,55 \cdot 0,81 \cdot 0,85 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} = 3,145 \text{ А} < 5,1 \text{ А}$$

где M – момент нагрузки на валу электродвигателя.

U – линейное напряжение на обмотках статора.

3) Рассчитывается потребляемый ток двигателя при линейном разгоне

$I_{\text{ПОТР.Р.}}$:

$$I_{\text{ПОТР.Р.}} = \frac{k \cdot n}{9,55 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U \cdot \sqrt{3}} \cdot (M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}})$$

$$I_{\text{ПОТР.Р.}} = \frac{0,95 \cdot 2980}{9,55 \cdot 0,81 \cdot 0,85 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} \cdot (4,807 + 0,056) = 3,18 \text{ A} < 5,1 \text{ A},$$

$$M_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot 9,55}{n} = \frac{1,5 \cdot 9,55}{2980} = 4,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{дин}} = \frac{J}{9,55} \cdot \frac{n}{t} = \frac{0,0018}{9,55} \cdot \frac{2980}{10} = 0,056 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $M_{\text{ст}}$ – статический момент нагрузки двигателя;

$M_{\text{дин}}$ – динамический момент нагрузки.

4) Рассчитывается полная потребляемая двигателем мощность в номинальном установившемся режиме

$$S_{\text{ПОТР}} = \frac{k \cdot P}{\eta \cdot \cos \varphi} = \frac{0,95 \cdot 1,5}{0,81 \cdot 0,85} = 2,069 \text{ кВА} < 2,2 \text{ кВА},$$

где P – номинальная мощность двигателя, кВт.



Рисунок 7 – преобразователь частоты ATV 61WU22N4

2.2.1. Расчет инвертора

Инвертор – это устройство для преобразования напряжения постоянного тока в разнополярное напряжение прямоугольной или синусоидальной формы. Инвертор является важнейшей частью преобразователя частоты со звеном постоянного тока. Принцип работы основан на использовании управляемых ключей таких как, тиристоры или транзисторы.

Современные инверторы имеют высокие показатели КПД, обладают высокими эксплуатационными характеристиками. Помимо этого, они имеют допустимый уровень высших гармонических составляющих в кривой выходного напряжения.

Данный метод применяется для расчета силовых элементов преобразователя частоты со звеном постоянного тока, выполненным на основе IGBT ключей и обратных диодов. Все элементы собраны на одной теплоотводящей пластине и находятся в общем корпусе.

Выражение для расчета максимального тока через ключи инвертора:

$$I_{c \max} = \frac{P_{\text{ном.}} \cdot k_1 \cdot \sqrt{2} \cdot k_2}{\eta_{\text{ном.}} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} = \frac{1500 \cdot 1,3 \cdot 1,41 \cdot 1,2}{0,81 \cdot 0,85 \cdot 1,73 \cdot 380} = 7,29 \text{ A}$$

Где, $P_{\text{ном.}}$ — номинальная мощность двигателя, Вт;

k_1 — коэффициент допустимой кратковременной перегрузки по току;

k_2 — коэффициент допустимой мгновенной пульсации тока;

$\eta_{\text{ном.}}$ — номинальный КПД двигателя;

$U_{\text{л}}$ — линейное напряжение двигателя.

Питающее напряжение инвертора от выпрямителя:

$$U_d = k_{\text{с.н.}} \cdot U_{\text{л}} = 1,35 \cdot 380 = 513 \text{ В}$$

Где, $k_{\text{с.н.}}$ - коэффициент схемы для номинальной нагрузки

Обратное напряжение IGBT модуля:

С учетом отклонения напряжения, обратное напряжение IGBT модуля необходимо делать с запасом:

$$U_{\text{обр.}} = k_z \cdot k_{\text{откл.}} \cdot U_d = 2 \cdot 1,15 \cdot 513 = 1180 \text{ В}$$

Выбор модуля:

Выбор IGBT производится в соответствии с условием

$$I_c \geq I_{c \max};$$

$$U_{кэ} \geq U_{обр}.$$

Выбирается модуль МТКИ-15-12

Характеристики модуля:

$U_{кэ} = 1200 \text{ В}$ - напряжение коллектор-эмиттер

$I_c = 25 \text{ А}$ - ток коллектора

$U_{ce.sat} = 2,5 \text{ В}$ - прямое падение IGBT в проводящем состоянии

$t_{cOn} = 14 \cdot 10^{-11} \text{ с}$ - время открывания транзистора

$t_{cOff} = 42 \cdot 10^{-11} \text{ с}$ - время закрывания транзистора

Максимальная амплитуда тока на входе инвертора:

$$I_{cp.} = \frac{I_{c \max}}{k_1} = \frac{7,29}{1,3} = 5,6 \text{ А}$$

Применение IGBT- модулей в электроприводах обеспечивает высокие показатели КПД, увеличивает плавность пуска двигателя и повышает надежность электропривода. Это объясняется качествами присущими полупроводниковым приборам.

2.2.2. Расчет выпрямителя

Расчет максимального значения среднего выпрямленного тока:

$$I_{dm} = \frac{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{I_{c\max}}{\sqrt{2}} \right) \cdot U_l \cdot \cos \varphi + n \cdot P_T}{U_d} = \frac{\sqrt{3} \cdot \frac{7,29}{\sqrt{2}} \cdot 380 \cdot 0,85 + 6 \cdot 30,334}{513} = 5,98 A$$

Где

n – количество ключей

Максимальный рабочий ток диода:

$$I_{vm} = k_{cc} \cdot I_{dm} = 1,045 \cdot 5,98 = 6,25 A$$

Где

k_{cc} - коэффициент для мостовой трехфазной схемы при оптимальных параметрах Г-образного LC фильтра

Максимальное обратное напряжение диода:

$$U_{vm} = k_{з.н.} \cdot \sqrt{2} \cdot U_l \cdot k_{с.н.} \cdot k_c + \Delta U_n = 1,15 \cdot \sqrt{2} \cdot 380 \cdot 1,35 \cdot 1,1 + 125 = 1043 B$$

Где

$k_{з.н.}$ - коэффициент запаса по напряжению [$\geq 1,15$]

k_c - коэффициент допустимого повышения напряжения [$\geq 1,1$]

ΔU_n - запас на коммутационные выбросы напряжения в звене постоянного тока [$100 \div 150 B$]

Выбор модуля:

Выбор выпрямителя производится в соответствии с условием

$$U_j > \frac{U_{vm.}}{100}$$

$$I_{np.} > I_{vm}$$

Выбирается трехфазный мостовой выпрямитель 947-SC3BJ05FF

Характеристики:

$I_{np.} = 5,5 A$ - максимальный рабочий ток диода.

$U_j = 1,2 B$ - прямое падение напряжения.

2.2.3. Расчет фильтра

Расчетный коэффициент пульсаций на входе фильтра:

$$q_{1\text{вх}} = \frac{2}{m_p^2 - 1} = \frac{2}{6^2 - 1} = 0,057$$

Где

m_p - пульсность схемы

Коэффициент сглаживания по первой гармонике:

$$S = \frac{q_{1\text{вх}}}{q_{1\text{вых}}} = \frac{0,057}{0,004762} = 12$$

Где

$q_{1\text{вых}}$ - коэффициент пульсаций на выходе фильтра, выбирается таким образом, что бы значение S лежало в пределах $[3 \div 12]$ где 12 – максимальное сглаживание.

Индуктивность дросселя LC фильтра:

$$L_{0\text{min}} = \frac{0,013 \cdot U_{\text{л}}}{2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot I_{\text{dm}}} = \frac{0,013 \cdot 380}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 5,98} = 2,63 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$$

Где

f_c - частота питающей сети

Для обеспечения необходимого коэффициента мощности на входе выпрямителя $K_m = 0,95$ должно соблюдаться условие:

$$L_0 \geq 3 \cdot L_{0\text{min}}$$

$$3 \cdot L_{0\text{min}} = 7,89 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$$

Принимаем:

$$L_0 = 0,1 \text{ Гн}$$

Емкость конденсатора LC фильтра определяется из выражения:

$$C_0 = \frac{S + 1}{(2 \cdot \pi \cdot m_p \cdot f_c)^2 \cdot L_0} = \frac{12 + 1}{(2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 50)^2 \cdot 0,1} = 3,662 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

Принимаем $C_0 = 3,662 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$

2.3. Выбор аппаратуры управления и защиты

2.3.1. Выбор пускателя

Выбор пускателя производился по номинальному току и мощности. В результате был выбран пускатель фирмы «Schneider Electric» GV2-ME10K1 внешний вид, которого приведен на рисунке 8. Пускатель состоит из двух модулей, контактора LC1-K06 и автоматического выключателя GV2-ME10. Технические характеристики пускателя представлены в таблице 6.



Рисунок 8 – пускатель GV2-ME10K1

Таблица 6 – Технические характеристики пускателя Schneider Electric GV2-ME10K1

Характеристики	Величина
Тип	GV2-ME
Диапазон уставок тепловых расцепителей	4-6.3 A
Фиксированная уставка магнитных расцепителей 13lrth	78 A
Мощность трехфазного двигателя при 415В	2.2 кВт

Выбор пускателя производился по следующим условиям:

$$1. I_{расц} \geq I_{дл}, I_{дл} \geq I_{н.ЭД} = 3,301 \text{ A} ;$$

$$2. I_{кз} \geq 1,5 \cdot I_{пуск} \text{ (для одного ЭП);}$$

$$I_{кз} \geq 1,5 \cdot I_{кр} = 1,5 \cdot 23,107 = 34,66 \text{ A},$$

$$I_{кр} = I_n = 23,107 \text{ A} \text{ – пусковой ток.}$$

2.3.2. Выбор плавких предохранителей

Выбор плавких предохранителей должен осуществляться на основании условия:

$$I_{BC} \geq I_{н.ЭД}$$

Выбираем предохранитель типа НПН2-60, внешний вид которого приведен на рисунке 9. Параметры выбранного предохранителя представлены в таблице 7.



Рисунок 9 – Внешний вид плавкого предохранителя НПН2-60

Предохранители плавкие серии ПН2 предназначены для защиты электрооборудования промышленных установок и электрических сетей трехфазного переменного тока с номинальным напряжением до 380 В частоты 50 и 60 Гц при перегрузках и коротких замыканиях.

Таблица 7 – Параметры предохранителя типа НПН2-60

Тип	I _{ном} , А	
	Предохранителя	Плавкой вставки
НПН2-60	60	6

2.4. Выбор типа и сечения кабеля

Для соединения цепей управления и сигнализации используется одножильный провод марки ПВ-1. Он имеет однопроволочную или многопроволочную медную жилу с поливинилхлоридной изоляцией различного цвета. Выбираем провод с однопроволочной жилой сечением $1,5 \text{ мм}^2$. Для питания преобразователя частоты и электродвигателя выбирается по условию $I_{\text{каб}} \geq I_{\text{доп}}$; $27 \geq 13$ силовой кабель АВВГ 4х10.

Кабель АВВГ 4х10 используется для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение 660 В и 1000 В частоты 50 Гц. Внешний вид кабеля АВВГ 4х10 представлен на рисунке 10.

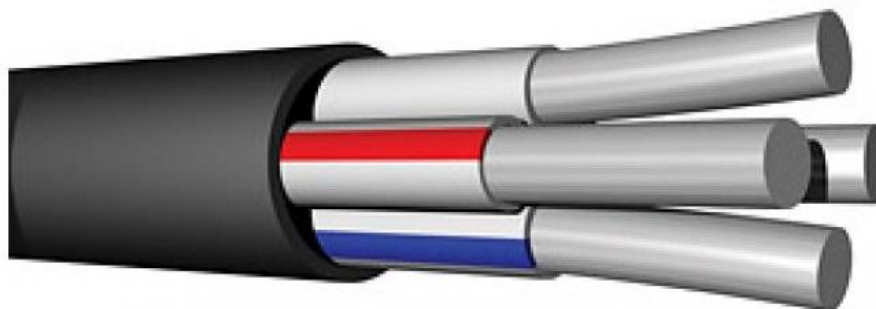


Рисунок 10 – внешний вид кабеля АВВГ 4х10

Кабель АВВГ применяют для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных кабельных эстакадах, в блоках, а также для прокладки на открытом воздухе. Кабели не рекомендуются для прокладки в траншеях. Кабели марки АВВГ не распространяют горение при одиночной прокладке.

III. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБРУДОВАНИЯ ЖИДКОТОПЛИВНОЙ КОТЕЛЬНОЙ

3.1. Расчёт естественных характеристик $\omega=f(I)$, $\omega=f(M)$ системы регулируемого электропривода

Расчет синхронной угловой скорости вращения двигателя:

$$\omega_c = \frac{\pi \cdot n_c}{30} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314,159 \text{ рад / с}$$

Номинальная частота вращения двигателя:

$$n_{\text{дв.н}} = (1 - S_n) \cdot n_c = (1 - 0,05) \cdot 3000 = 2850 \text{ об / мин}$$

Номинальная угловая скорость:

$$\omega_{\text{дв.н}} = (1 - S_n) \cdot \omega_c = (1 - 0,05) \cdot 314,159 = 298,45 \text{ рад / с}$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв.н}}} = \frac{1500}{298,45} = 5,026 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тогда номинальный фазный ток:

$$I_{\text{фн}} = \frac{P_{\text{дв}}}{m \cdot U_{\text{ф}} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{1500}{3 \cdot 220 \cdot 0,85 \cdot 0,81} = 5,301 \text{ А}$$

Необходимым условием расчета статических и динамических характеристик асинхронного двигателя является нахождение параметров схемы замещения Т – образная схема замещения асинхронного двигателя для одной фазы приведена на рисунке 11.

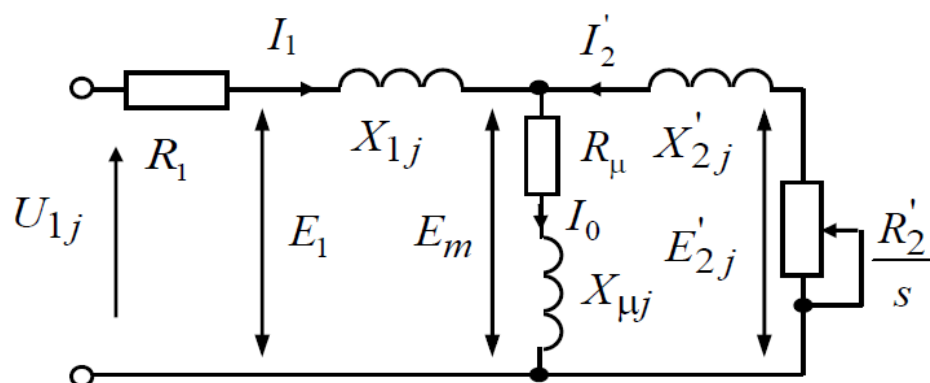


Рисунок 11 - Схема замещения асинхронного двигателя

Коэффициент мощности при частичной нагрузке:

$$\cos \varphi_{p^*} = 0,98 \cdot \cos \varphi_n = 0,98 \cdot 0,85 = 0,833$$

Зависимость $\cos \varphi_{0,75} / \cos \varphi_n$ от мощности асинхронного электродвигателя представлена на рисунке 12.

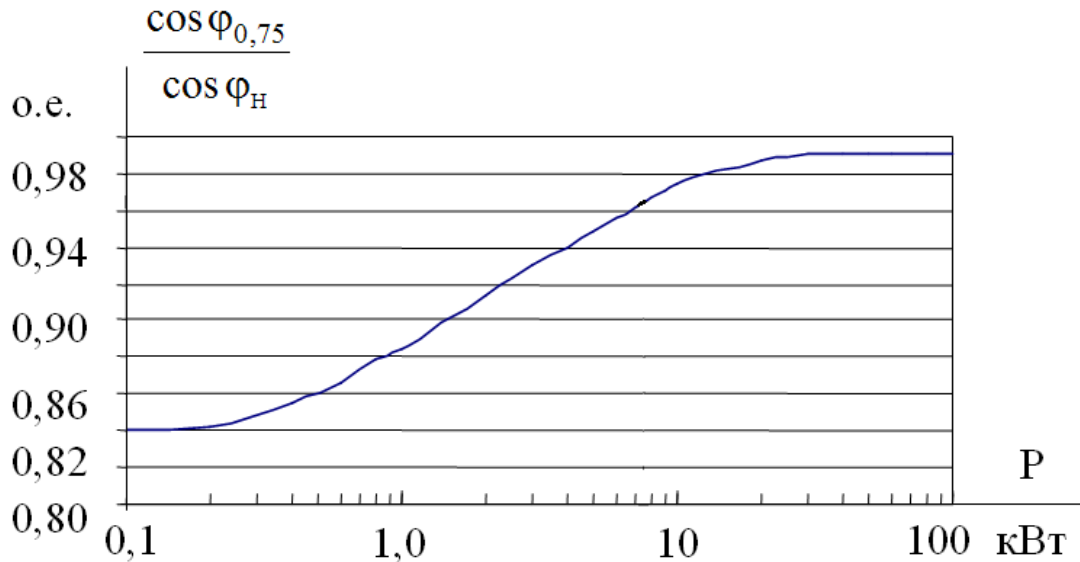


Рисунок 12 – Зависимость $\cos \varphi_{0,75} / \cos \varphi_n$ от мощности асинхронных двигателей

Коэффициент загрузки двигателя принимаем равным: $p^* = 0,75$

Тогда ток статора двигателя при частичной нагрузке равен:

$$I_{11} = \frac{p^* \cdot P_{\text{дв}}}{m \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi_{p^*} \cdot \eta_n} = \frac{0,75 \cdot 1500}{3 \cdot 220 \cdot 0,833 \cdot 0,81} = 2,526 \text{ A}$$

Ток холостого хода асинхронного двигателя:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left(\frac{p^* \cdot I_{\phi n} \cdot (1 - S_n)}{1 - p^* \cdot S_n} \right)^2}{1 - \left(\frac{p^* \cdot (1 - S_n)}{1 - p^* \cdot S_n} \right)^2}} = \sqrt{\frac{2,526^2 - \left(\frac{0,75 \cdot 3,301 \cdot (1 - 0,05)}{1 - 0,75 \cdot 0,05} \right)^2}{1 - \left(\frac{0,75 \cdot (1 - 0,05)}{1 - 0,75 \cdot 0,05} \right)^2}} = 0,953 \text{ A}$$

Соотношение для расчета критического скольжения, которое следует из формулы Клосса:

$$S_{кр.} = S_n \cdot \frac{k_{\max} + \sqrt{k_{\max}^2 - (1 - 2 \cdot S_n \cdot \beta \cdot (k_{\max} - 1))}}{1 - 2 \cdot S_n \cdot \beta \cdot (k_{\max} - 1)} =$$

$$= 0,05 \cdot \frac{2,2 + \sqrt{2,2^2 - (1 - 2 \cdot 0,05 \cdot 1 \cdot (2,2 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,05 \cdot 1 \cdot (2,2 - 1)} = 0,238 \text{ o.e}$$

где коэффициент $\beta = 1$

Момент критический двигательного режима:

$$M_{кр.} = \frac{m \cdot U_{1\phi}^2}{2 \cdot \omega_n \cdot C_1 \cdot \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_k^2} \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 314,159 \cdot 1,021 \cdot \left[3,938 + \sqrt{3,938^2 + 16,064^2} \right]} = 11,057 \text{ H} \cdot \text{м}$$

Критическое скольжение:

$$S_k = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_k^2}} = \pm \frac{3,858}{\sqrt{3,938^2 + 16,064^2}} = \pm 0,233$$

Максимальный момент двигателя:

$$M_{\max} = k_{\max} \cdot M_n = 2,2 \cdot 5,026 = 11,057 \text{ H} \cdot \text{м}$$

Минимальный момент двигателя:

$$M_{\min} = k_{\min} \cdot M_n = 1,6 \cdot 5,026 = 8,042 \text{ H} \cdot \text{м}$$

Определение коэффициентов для расчета активных и индуктивных сопротивлений обмоток статора и ротора:

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{\phi n}} = 1 + \frac{0,953}{2 \cdot 7 \cdot 3,301} = 1,021$$

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{\phi}^2 \cdot (1 - S_n)}{2 \cdot C_1 \cdot k_{\max} \cdot P_{\text{об}}} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0,05)}{2 \cdot 1,021 \cdot 2,2 \cdot 1500} = 20,478$$

Расчет активного сопротивления ротора, приведенного к обмотке статора асинхронного электродвигателя:

$$R'_2 = \frac{A_1}{\left(\beta + \frac{1}{S_{кр}}\right) \cdot C_1} = \frac{20,478}{\left(1 + \frac{1}{0,238}\right) \cdot 1,021} = 3,858 \text{ Ом}$$

Выражение для определения активного сопротивления обмотки статора:

$$R_1 = C_1 \cdot R'_2 \cdot \beta = 1,021 \cdot 3,858 \cdot 1 = 3,938 \text{ Ом}$$

Параметр γ , для определения сопротивления короткого замыкания:

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{S_{кр}^2} - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{0,238^2} - 1^2} = 4,08$$

$$X_{\kappa} = \gamma \cdot C_1 \cdot R'_2 = 4,08 \cdot 1,021 \cdot 3,858 = 16,064 \text{ Ом}$$

Расчет индуктивного сопротивления обмотки ротора, приведенного к обмотке статора:

$$X'_2 = 0,58 \cdot \frac{X_{\kappa}}{C_1} = 0,58 \cdot \frac{16,064}{1,021} = 9,129 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление обмотки статора:

$$X_1 = 0,42 \cdot X_{\kappa} = 0,42 \cdot 16,064 = 6,747 \text{ Ом}$$

Определение индуктивного сопротивления цепи намагничивания через значение ЭДС обмотки статора

$$\begin{aligned} E_1 &= \sqrt{\left(U_{\phi} \cdot \cos \varphi_n - R_1 \cdot I_{\phi n}\right)^2 + \left(U_{\phi} \cdot \sin \varphi_n + X_1 \cdot I_{\phi n}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(220 \cdot 0,85 - 3,938 \cdot 3,301\right)^2 + \left(220 \cdot 0,527 + 6,747 \cdot 3,301\right)^2} = \\ &= 196,589 \text{ В} \end{aligned}$$

Индуктивное сопротивление намагничивания:

$$X_m = \frac{E_1}{I_0} = \frac{197,589}{0,953} = 207,24 \text{ Ом}$$

Индуктивность обмотки статора, обусловленная потоками рассеяния:

$$L_{1\delta} = \frac{X_1}{2\pi f} = \frac{0,953}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,021 \text{ Гн}$$

Приведенная индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоками рассеяния:

$$L'_{2\delta} = \frac{X'_2}{2\pi f} = \frac{9,129}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,029 \text{ Гн}$$

Результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком в воздушном зазоре, создаваемым суммарным действием полюсов статора (индуктивность контура намагничивания):

$$L_m = \frac{X_m}{2\pi f} = \frac{207,24}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,66 \text{ Гн}$$

Найденные параметры схемы замещения электродвигателя представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Параметры схемы замещения электродвигателя АИР 80 А2

$R_1, \text{Ом}$	$X_1, \text{Ом}$	$L_{1\delta}, \text{Гн}$	$X_m, \text{Ом}$	$L_m, \text{Гн}$	$R'_2, \text{Ом}$	$X'_2, \text{Ом}$	$L'_{2\delta}, \text{Гн}$	$X_\kappa, \text{Ом}$
3,938	6,747	0,021	207,24	0,66	3,858	9,129	0,029	16,064

Механическая характеристика асинхронного электродвигателя рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{m \cdot U_{1\phi}^2 \cdot R'_2}{\omega_n \cdot s \cdot \left[\left(R_1 + R'_2 \cdot s^{-1} \right)^2 + \left(X_{1\sigma} + X'_{2\sigma} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 3,858}{298,45 \cdot s \cdot \left[\left(3,938 + 3,858 \cdot s^{-1} \right)^2 + \left(6,747 + 9,129 \right)^2 \right]};$$

На рисунке 13 приведена механическая характеристика асинхронного электродвигателя. Она справедлива в области номинальных скоростей.

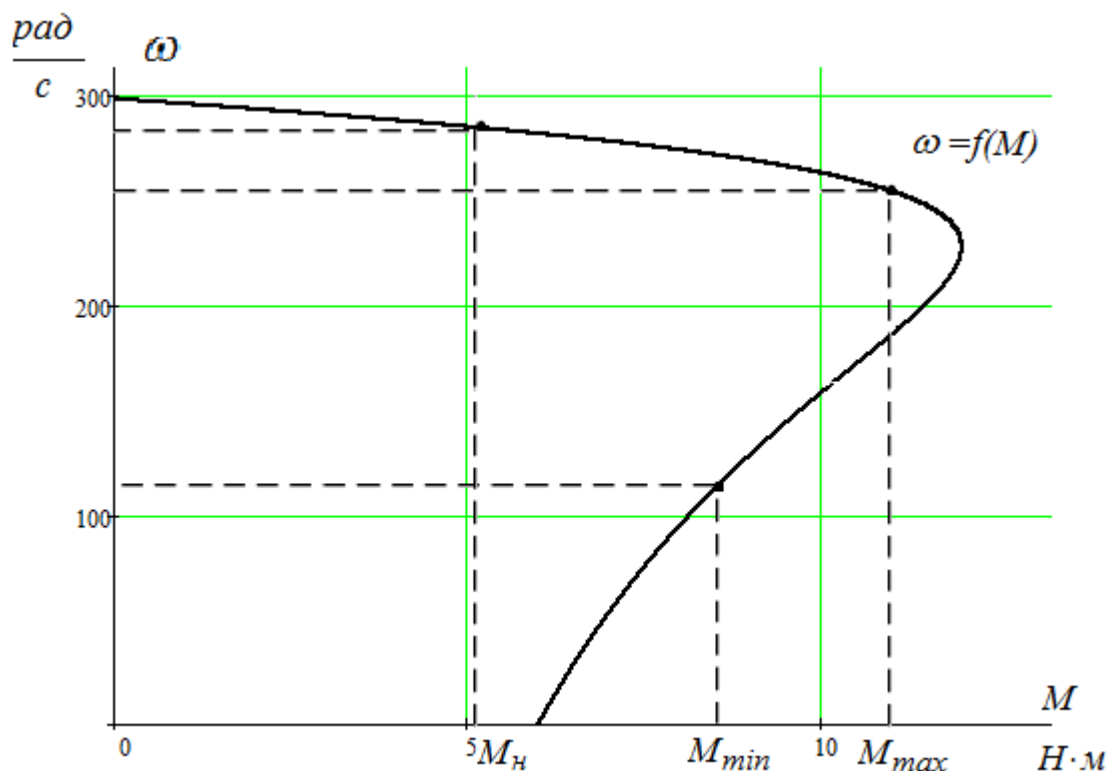


Рисунок 13 – Механическая характеристика асинхронного электродвигателя

Определение выражения для расчета зависимости I'_2 , приведенного к обмотке статора, от скольжения S определяется следующим образом:

$$I'_2(s) = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} = \frac{220}{\sqrt{\left(3,938 + \frac{3,858}{s}\right)^2 + (6,747 + 9,129)^2}} A ;$$

На рисунке 14 приведен график электромеханической характеристики $\omega = f(I'_2)$

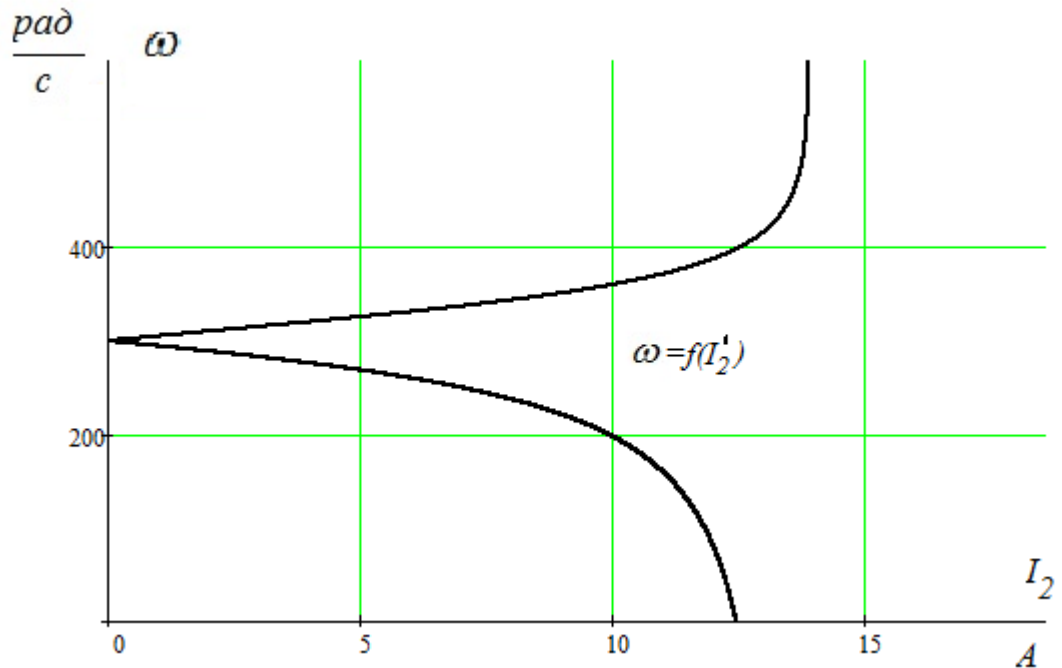


Рисунок 14 – График электромеханической характеристики тока обмотки ротора $\omega = f(I'_2)$

Для построения электромеханической характеристики тока обмотки статора использовано следующее выражение:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I_2'(\omega)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(\omega) \cdot \sin \varphi_{2H}} =$$

$$= \sqrt{0,953^2 + I_2'(\omega)^2 + 2 \cdot 0,953 \cdot I_2'(\omega) \cdot \sin \varphi_{2H}}$$

$$\text{Где } \sin \varphi_{2H} = \frac{X_k}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_k^2}} = \frac{16,064}{\sqrt{\left(3,938 + \frac{3,858}{s}\right)^2 + 16,064^2}}$$

На рисунке 15 приведены электромеханические характеристики двигателя

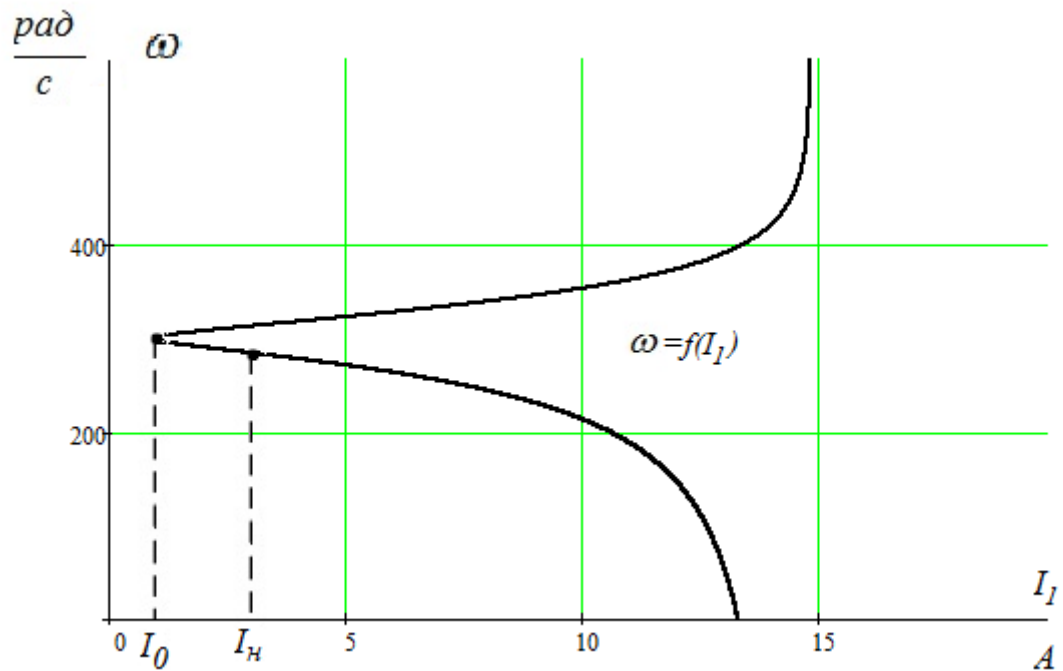


Рисунок 15 – График естественной электромеханической характеристики

$$I_1 = f(s) \text{ асинхронного двигателя}$$

Номинальный ток ротора определяется при номинальном скольжении:

$$I'_2(s) = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} =$$

$$\frac{220}{\sqrt{\left(3,938 + \frac{3,858}{0,05}\right)^2 + (6,747 + 9,129)^2}} = 2,662 \text{ A} ;$$

Номинальный ток статора двигателя:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I'_2(\omega)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I'_2(\omega) \cdot \sin \varphi_{2н}} =$$

$$\sqrt{0,953^2 + 2,662^2 + 2 \cdot 0,953 \cdot 2,662 \cdot 0,194} =$$

$$= 2,997 \text{ A};$$

3.2. Расчёт искусственных характеристик $\omega=f(I)$, $\omega=f(M)$ системы регулируемого электропривода для заданного диапазона регулирования скорости

Расчет соответствующих характеристик для частот $f_1=50; 40; 20; 10$ Гц производился с учетом закона регулирования $Z_p = \frac{U_{1H}}{f^2} = \frac{220}{50^2} = 0,088$

Также были рассчитаны относительные значения частот питающего напряжения:

$$\text{при } f_{1H1}=50 \text{ Гц} \quad f_{1*1} = \frac{f_{1H}}{f_{1H}} = \frac{50}{50} = 1$$

$$\text{при } f_{1H2}=40 \text{ Гц} \quad f_{1*2} = \frac{f_{2H}}{f_{1H}} = \frac{40}{50} = 0,8$$

$$\text{при } f_{1H3}=20 \text{ Гц} \quad f_{1*3} = \frac{f_{3H}}{f_{1H}} = \frac{20}{50} = 0,4$$

$$\text{при } f_{1H4}=10 \text{ Гц} \quad f_{1*4} = \frac{f_{4H}}{f_{1H}} = \frac{10}{50} = 0,2$$

Фазные напряжения обмотки статора асинхронного двигателя при разных частотах:

$$U_{1H1} = Z_p \cdot f_{1H1}^2 = 0,088 \cdot 50^2 = 220 \text{ В};$$

$$U_{1H2} = Z_p \cdot f_{1H2}^2 = 0,088 \cdot 40^2 = 140,8 \text{ В};$$

$$U_{1H3} = Z_p \cdot f_{1H3}^2 = 0,088 \cdot 20^2 = 35,2 \text{ В};$$

$$U_{1H4} = Z_p \cdot f_{1H4}^2 = 0,088 \cdot 10^2 = 8,8 \text{ В}.$$

Расчет скоростей идеального холостого хода в соответствии с частотами питающего напряжения:

$$\omega_{01} = \frac{2\pi \cdot f_{1H1}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{2} = 314,1 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{02} = \frac{2\pi \cdot f_{1H2}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 40}{2} = 251,3 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{03} = \frac{2\pi \cdot f_{1H3}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 20}{2} = 125,6 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{04} = \frac{2\pi \cdot f_{1H4}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10}{2} = 62,8 \text{ рад/с}.$$

Расчет токов холостого хода при заданных частотах регулирования:

$$I_{01} = \frac{U_{1H1}}{X_{\mu H}} = \frac{220}{207,24} = 1,06 \text{ A};$$

$$I_{02} = \frac{U_{1H2}}{X_{\mu H} \cdot f_{1*2}} = \frac{140,8}{207,24 \cdot 0,8} = 0,84 \text{ A};$$

$$I_{03} = \frac{U_{1H3}}{X_{\mu H} \cdot f_{1*3}} = \frac{35,2}{207,24 \cdot 0,4} = 0,42 \text{ A};$$

$$I_{04} = \frac{U_{1H4}}{X_{\mu H} \cdot f_{1*4}} = \frac{8,8}{207,24 \cdot 0,2} = 2,21 \text{ A}.$$

Электромеханические характеристики $I'_2(\omega)$ для выбранных частот по выражениям:

$$I'_2(s, f) = \frac{U_1(f)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{\text{KH}}^2 \cdot f_{1*}^2(f) + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1*}(f)}\right)^2}},$$

где $\omega(s, f) = \omega_0(f) \cdot (1 - s)$ представлены на рисунке 16.

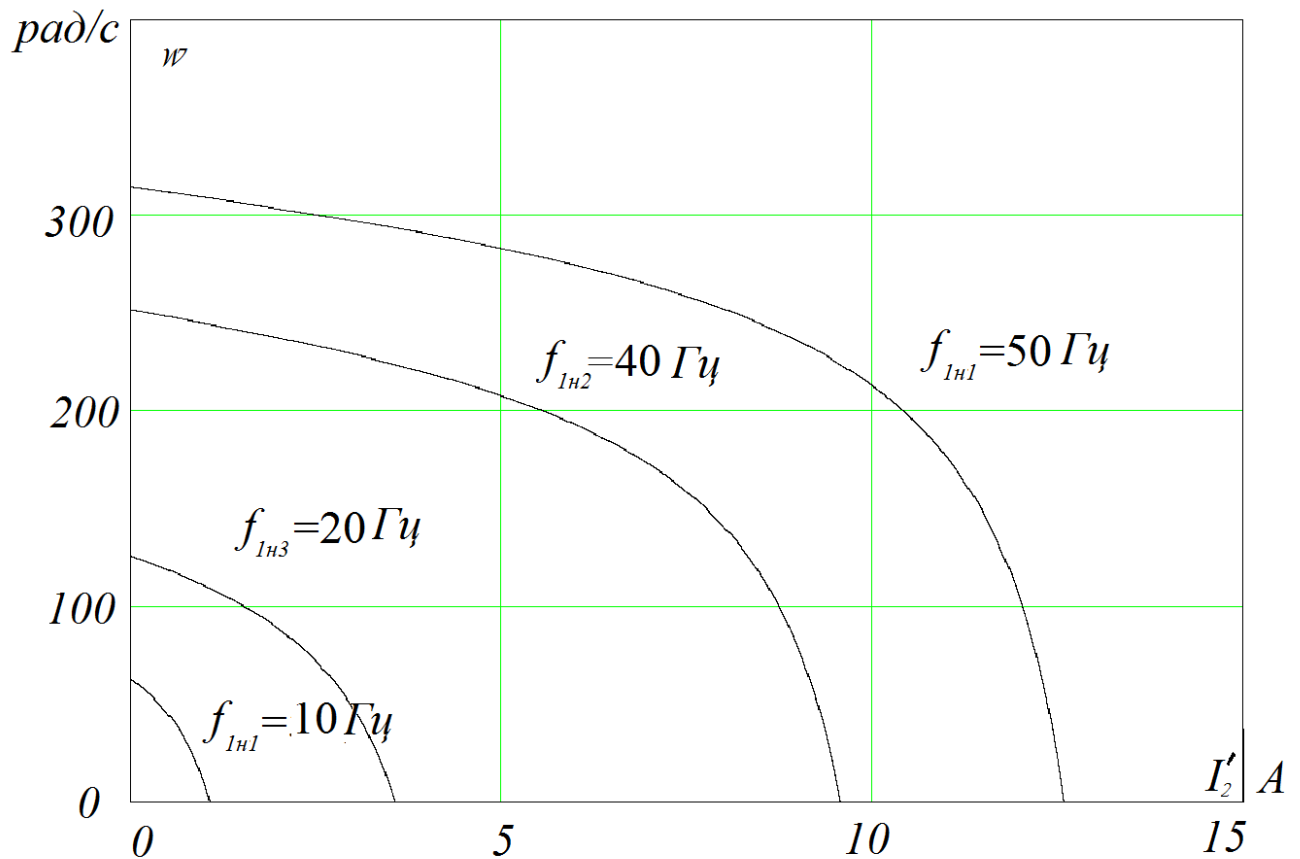


Рисунок 16 – Искусственные электромеханические характеристики тока ротора $I'_2(\omega)$

Электромеханические характеристики $I_1(\omega)$ для выбранных частот по выражениям

$$I_1(s, f) = \sqrt{(I_0(f))^2 + (I_2'(s, f))^2 + 2 \cdot I_0(f) \cdot I_2'(s, f) \cdot \sin \varphi_2(s, f)},$$

$$\omega(s, f) = \omega_0(f)(1 - s),$$

$$\text{где } \sin \varphi_2(s, f) = \frac{X_{KH} \cdot f_{1*}(f)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 \cdot f_{1*}^2(f)}};$$

представлены на рисунке 17

$$I_0(f) = \frac{U_1(f)}{X_{\mu H} \cdot f_{1*}(f)} \quad - \quad \text{ток холостого хода асинхронного двигателя в}$$

зависимости от частоты.

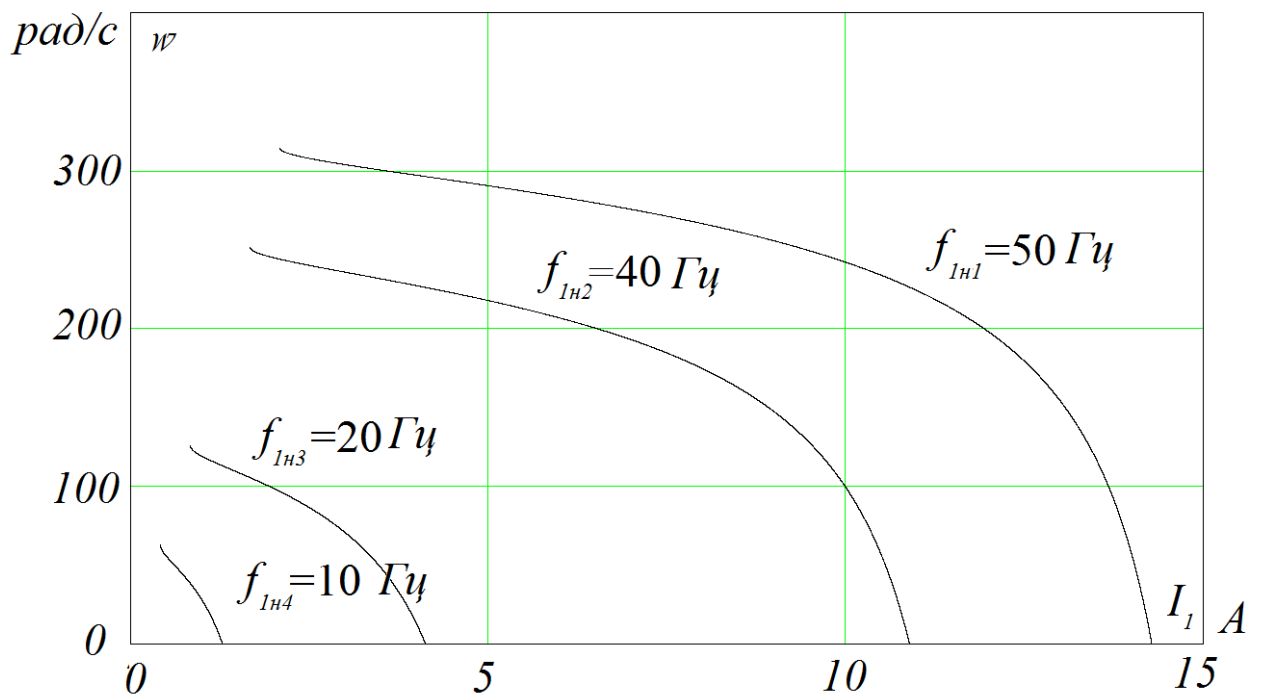


Рисунок 17 – Искусственные электромеханические характеристики тока статора $I_1(\omega)$

Рассчитываем механические характеристики асинхронного двигателя $M(\omega)$

$$M(s, f) = \frac{3 \cdot (U_1(f))^2 \cdot R'_2}{\omega_0(f) \cdot s \cdot \left[X_{\text{дт}}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2 + \left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{s \cdot X_{\text{дт}} \cdot f_{1*}(f)} \right)^2 \right]},$$

$$\omega(s, f) = \omega_0(f)(1 - s).$$

Критический момент и скольжение находим по выражениям:

$$M_{\text{к}}(f) = \frac{3 \cdot (U_1(f))^2}{2 \cdot \omega_0(f) \cdot \left[R_1 + \sqrt{\left(R_1^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2 \right) \cdot \left(1 + \frac{R_1^2}{X_{\text{дт}}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2} \right)} \right]},$$

$$s_{\text{к}}(f) = R'_2 \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{R_1^2}{X_{\text{дт}}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2}}{R_1^2 + X_{\text{дт}}^2 \cdot (f_{1*}(f))^2}},$$

$$\omega_{\text{к}}(f) = \omega(s_{\text{к}}(f), f).$$

Механические характеристики двигателя и нагрузки, представлены на рисунке 18.

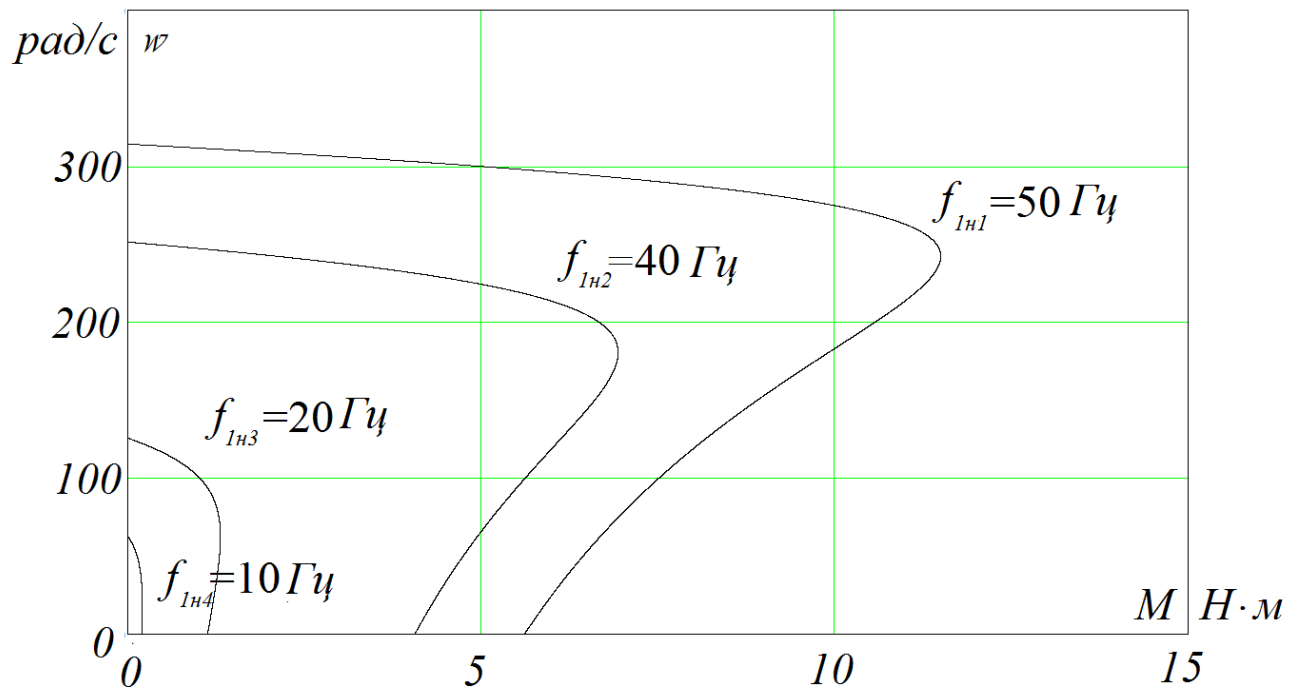


Рисунок 18 - Искусственные механические характеристики $M(\omega)$

Для данных электромеханических характеристик при уменьшении частоты происходит уменьшение синхронной скорости, т.к.

$$1. \omega_0 = \frac{60 \cdot f}{p} \cong f \quad - \quad \text{при уменьшении частоты синхронная скорость}$$

снижается.

$$2. I'_{2\text{кз}} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + X_{\text{кн}}^2}} \cong \frac{U_1}{f} \cong f \quad - \quad \text{ток короткого замыкания обратно}$$

квадратному корню из частоты.

Для механических характеристик:

$$1. \omega_0 = \frac{60 \cdot f}{p} \cong f \quad - \quad \text{при уменьшении частоты синхронная скорость}$$

снижается.

$$2. s_{\text{к}} = \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_{\text{кн}}^2}} \cong \frac{1}{f}; \quad M_{\text{к}} = \frac{3 \cdot U_1^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{\text{кн}}^2} \right]} \cong \frac{U_1^2}{f^2} \cong f^2.$$

3.3. Расчет электромеханических переходных характеристик $\omega=f(t)$, $M=f(t)$ при пуске, набросе и сбросе нагрузки при мгновенном изменении задания

Моделирование асинхронного двигателя осуществляется с помощью программы MATLAB Simulink. Для создания модели использованы параметры схемы замещения двигателя выбранного двигателя. Имитационная модель изображена на рис.19.

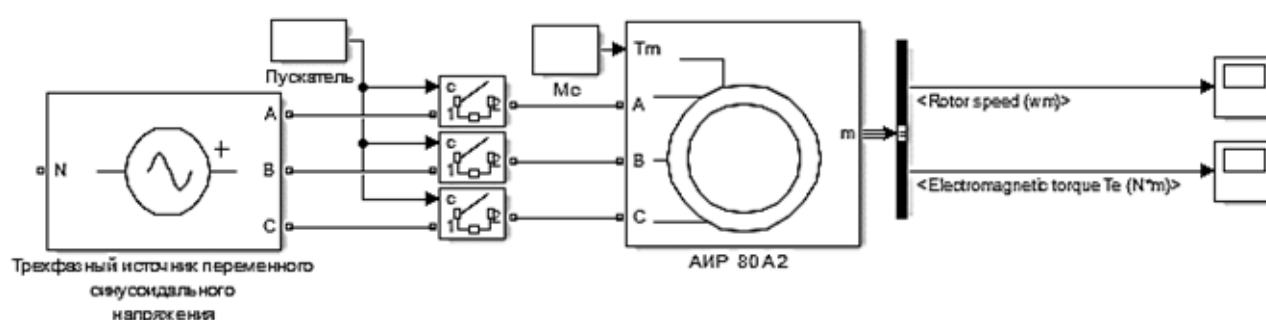


Рисунок 19 – Имитационная модель прямого пуска асинхронного двигателя

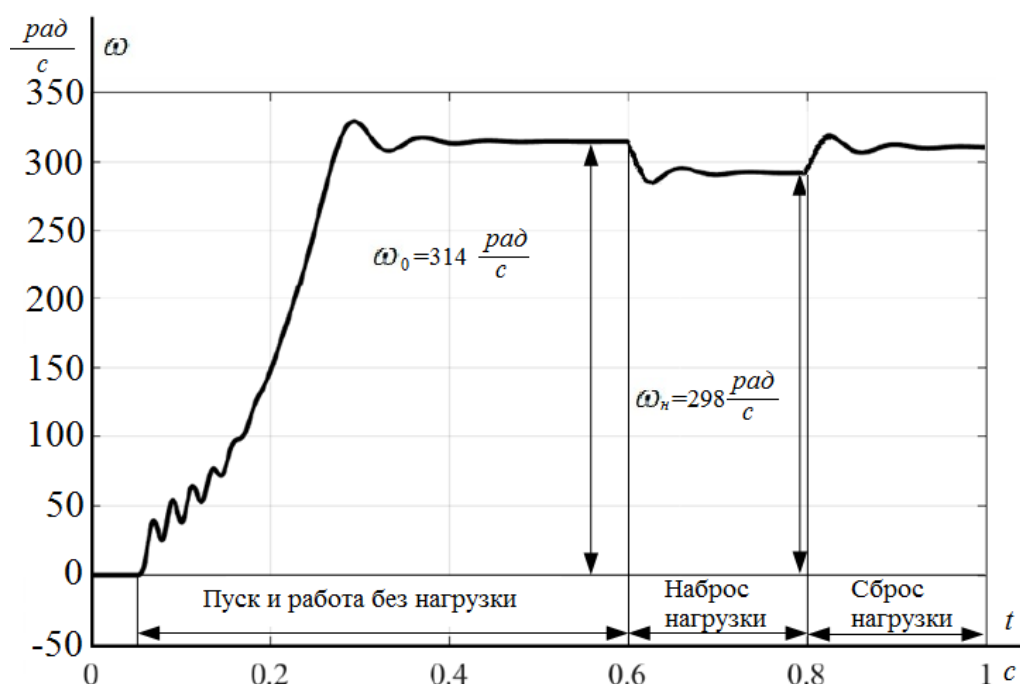


Рисунок 20 – Переходная характеристика $\omega=f(t)$ скорости ротора АД при пуске, набросе, сбросе нагрузки

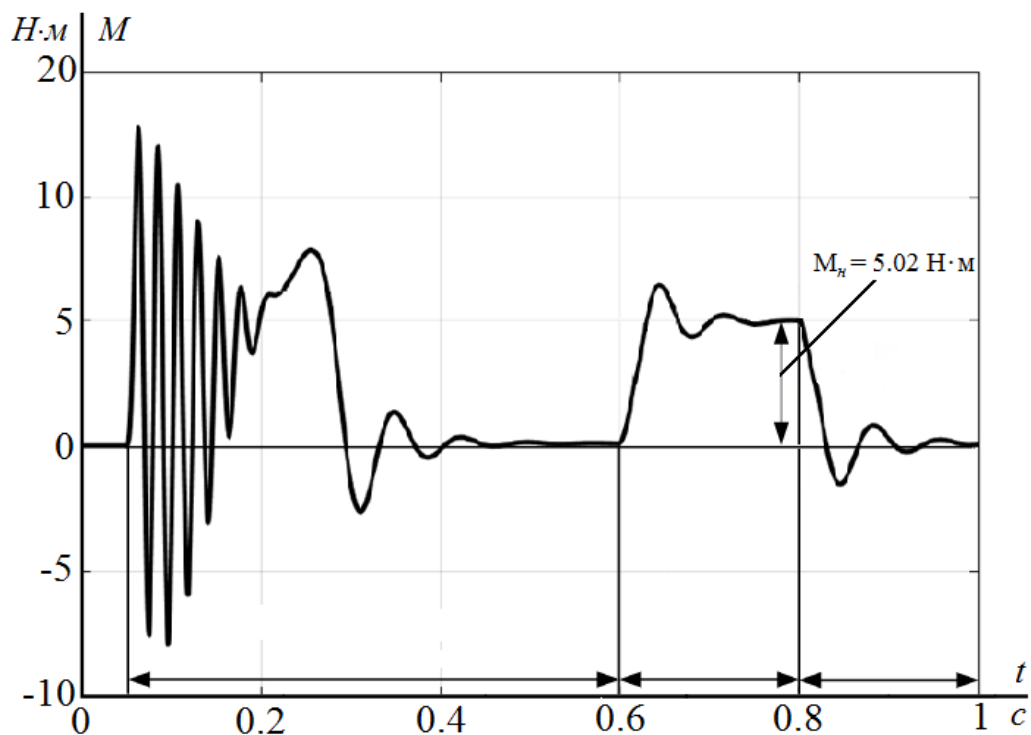


Рисунок 21 – Переходная характеристика $M=f(t)$ электромагнитного момента АД при пуске, набросе, сбросе нагрузки

На рис. 20 – 21 представлены переходные характеристики скорости и момента, а также динамическая механическая характеристика при прямом пуске асинхронного двигателя без нагрузки и при набросе нагрузки.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что модель асинхронного двигателя работает правильно, двигатель достигает значений номинальной скорости при номинальной нагрузке и частоте питающей сети. Переходные характеристики получены, верно.

IV. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

4.1. Составление силовой схемы регулируемого электропривода

Силовая схема регулируемого электропривода представлена на рисунке 22.

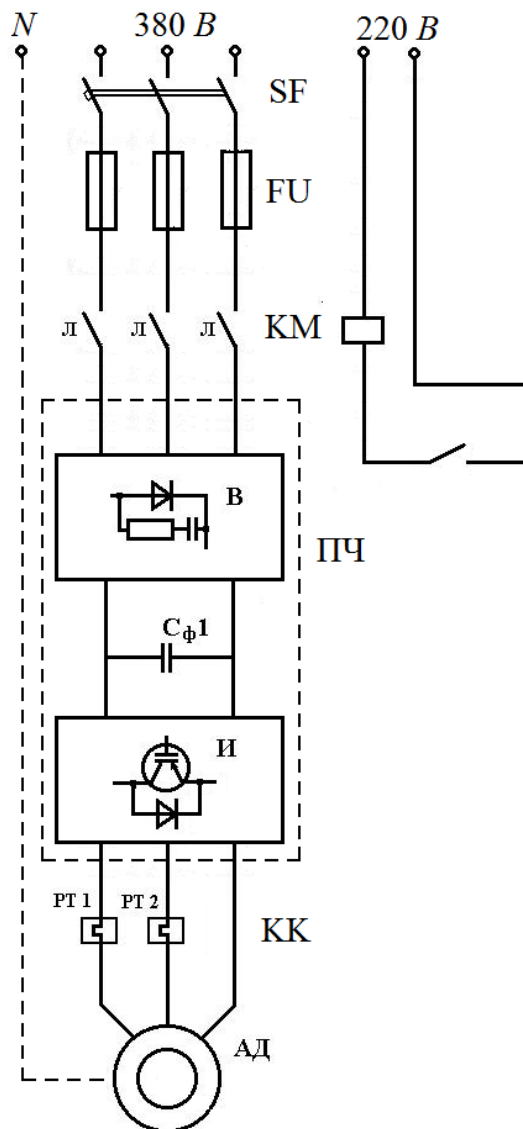


Рисунок 22 - Силовая схема регулируемого электропривода

Трехполюсный автоматический выключатель SF – служит для защиты от токов короткого замыкания и перегрузки, а так же для коммутации аппаратов. Плавкие предохранители FU – обеспечивают защиту электропривода в аварийных режимах. Электромагнитный пускатель KM обеспечивает коммутацию силовой части схемы. Преобразователь частоты преобразует частоту питающего напряжения в зависимости от заданного угла управления. Тепловое реле КК обеспечивает защиту схемы от токов перегрузки.

4.2. Составление схемы управления регулируемого электропривода

Функциональная схема управления системы регулируемого электропривода представлена на рисунке 23.

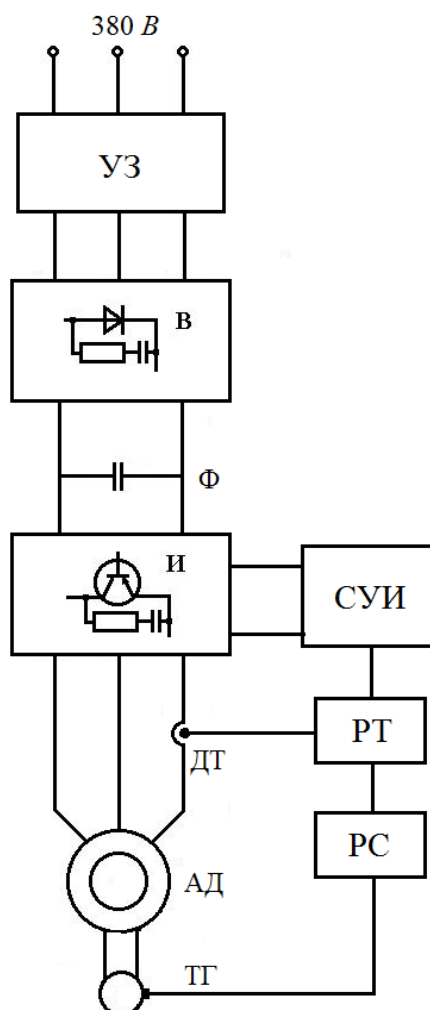


Рисунок 23 - Функциональная схема управления системы регулируемого электропривода

Пояснения к схеме представленной на рисунке :

1. УЗ – узел защиты;
2. В – выпрямитель;
3. Ф – фильтр;
4. И – автономный инвертор напряжения;
5. СУИ – система управления инвертора;

6. РТ – регулятор тока;
7. РС – регулятор скорости;
8. ТГ – тахогенератор;
9. АД – асинхронный двигатель;
10. ДТ – датчик тока.

Описание принципа работы схемы электропривода

Питание электропривода обеспечивает узел защиты и коммутации (УЗ), далее переменное напряжение подается на выпрямитель (В) и фильтр (Ф), который сглаживает пульсации на выходе выпрямителя. Выпрямленное напряжение подается на вход автономного инвертора (И). Частота и амплитуда выходного напряжения инвертора регулируется с помощью системы управления инвертора (СУИ). СУ формирует импульсы управления для IGBT ключей ПЧ и обеспечивает раздельное регулирование амплитуды и частоты выходного напряжения. Питание двигателя осуществляется через ПЧ, представленный последовательно включенными выпрямителем, фильтром и автономным инвертором напряжения. Кроме СУ ещё имеется система регулирования, формирующая заданные статические и динамические характеристики привода. Сигналы поступающие от ДТ и ТГ преобразуются в сигналы для СУ с помощью РТ и РС соответственно.

Для высокочастотных двигателей и двигателей, регулируемых вниз или вверх от номинальной угловой скорости, соответствующей частоте 50 Гц, в настоящее время используют в основном только ПЧ с промежуточным звеном постоянного тока, что было и сделано в данном курсовом проекте.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ
V. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

При оценке коммерческого потенциала необходимо выполнить сегментирование рынка, а также рассмотреть целевую составляющую рынка.


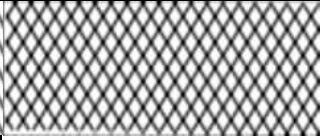
В данном случае сегментирование целесообразно провести по критерию надежности и точности, так это важнейшие показатели электроприводов котельных.

А также следует выделить сегменты рынка:

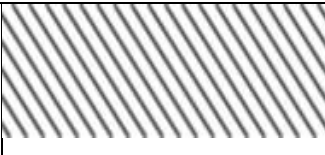
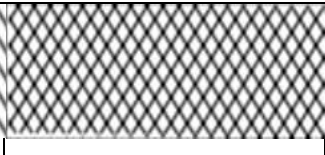
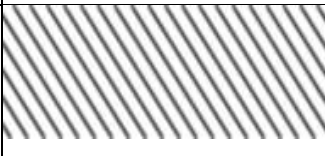
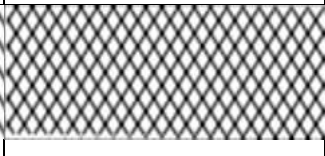
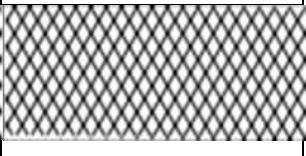
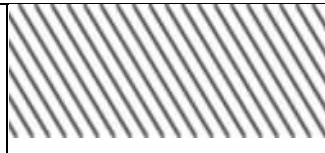
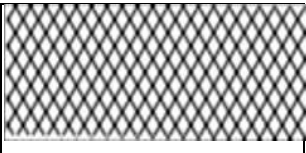
- по разработке, проектированию и производству;
- по установке и пуско-наладке;
- по дальнейшему обслуживанию и ремонту.

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в таблице 9.

Таблица 9 - Карта сегментирования рынка разработок для ЭП

	Нерегулируемый электропривод	Электропривод с тиристорным регулятором напряжения	Электропривод с преобразователем частоты
Проектирование и производство			

Продолжение таблицы 9

Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			
Фирма А		Фирма Б	

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для нерегулируемых электроприводов и электроприводов с тиристорным регулятором напряжения;
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой электроприводов с преобразователями частоты;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой электроприводов с преобразователем.

5.2. Анализ конкурентных технических решений

Рынок технических решений постоянно изменяется, поэтому для получения информации об конкурентных технических решениях необходимо проводить детальный анализ конкурирующих разработок. Это позволяет вовремя вносить поправки в проект, чтобы соответствовать требованиям потребителя. Одним из главных качеств для выполнения такого анализа является умение реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования;
- бюджет разработки.

Помимо этого, такой анализ позволяет оценить технические решения конкурентов с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, позволяет дать оценку эффективности научной разработки и найти пути развития для ее будущего повышения.

5.3. Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) это способ выражения качественных характеристик с помощью конкретных количественных значений. На основании полученных данных можно судить о перспективности продвижения новой разработки на рынке.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:
 - влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
 - перспективность рынка;
 - пригодность для продажи;
 - перспективы конструирования и производства;
 - финансовая эффективность;
 - правовая защищенность.
2. Показатели оценки качества разработки:
 - динамический диапазон;
 - вес;
 - ремонтпригодность;
 - энергоэффективность;
 - долговечность;
 - эргономичность;
 - унифицированность;
 - уровень материалоемкости разработки.

Для сравнения конкурентоспособности проведения научного исследования выбраны виды запланированных работ и установлены соответствующие должности исполнителей работ. Показатели для оценки конкурентоспособности проведения работ, показаны в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели для оценки конкурентоспособности разработки .

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	0,2	80	100	0,8	0,16
2. Помехоустойчивость	0,1	75	100	0,75	0,075
3. Простота эксплуатации	0,1	90	100	0,9	0,09
4. Безопасность	0,2	100	100	1	0,2
5. Функциональность	0,1	60	100	0,6	0,06
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Цена	0,2	50	100	0,5	0,1
7. Финансовая эффективность научной разработки	0,1	60	100	0,6	0,06
Итого	1				0.74

Формула для оценки перспективности и качества разработки используемая в технологии QuaD:

$$П_{ср} = \sum B_i \cdot Б_i,$$

где, $П_{ср}$ – среднее значение показателя качества;

B_i – вес показателя;

$Б_i$ – среднее значение i -го показателя.

$$\begin{aligned} П_{ср} &= (0,2 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,75 + 0,1 \cdot 0,9 + 0,2 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,6 + 0,2 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 0,6 \\ &= 0,16 + 0,075 + 0,09 + 0,2 + 0,06 + 0,1 + 0,06) \cdot 100 = 74 \end{aligned}$$

Показатель $П_{ср}$ равный 74% говорит о том, что перспективность разработки считается выше средней и поэтому ее следует развивать.

5.4. SWOT анализ

SWOT анализ - это комплексный анализ научно-исследовательского проекта, который применяют при исследовании внешней и внутренней среды проекта. Его проведение состоит из нескольких этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта и выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты выполнения первого этапа SWOT-анализа (SWOT матрица) представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты выполнения первого этапа SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности:
<p>научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки.</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>	<p>В1. Использование инновационной инфраструктуры газотранспортного предприятия.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>

Продолжение таблицы 11

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Частое изменение нормативных документов.</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p>		
---	--	--

Составление SWOT матрицы производится на основании результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах настоящей бакалаврской работы. После составления матрицы, выполняется второй этап. Второй этап представляет собой нахождение соответствия сильных и слабых сторон проекта относительно внешних условий окружающей среды. После его выполнения делается вывод о необходимости внесения корректировок в проект.

При выполнении данного этапа строится интерактивная матрица проекта, которая позволяет выявить взаимосвязи между различными областями SWOT матрицы. Факторы помечаются знаками «+», «-» при соответствии и несоответствии сильным возможностям. Знак «0» ставится, когда сильные или слабые стороны выражены неявно. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	0	+	0	0	+
	B2	+	+	+	+	–
	B3	+	-	+	+	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, следующего вида: B1C1C2C4C5; B2C2C3C5; B3C1C2. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

B2B3B4C1; B1C2C5; B4C1C5;

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. В этом случае, возможности описываются следующим образом: B5C1C3C4C5. Интерактивная матрица сильных и слабых сторон проекта представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Сильные и слабые возможности проекта

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	-	-
	B2	-	+
	B3	0	0

Результаты анализа таблицы: B5Сл1Сл3

Интерактивная матрица угроз относительно сильных сторон проекта представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Интерактивная матрица угроз проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	+
	У2	0	0	-	-	-
	У3	+	0	0	+	-

Результаты анализа таблицы: У1С5; У3С1С3С4

Интерактивная матрица угроз относительно слабых сторон проекта представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Интерактивная матрица угроз проекта

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	0
	У2	-	0
	У3	+	+

Результаты анализа таблицы: У1Сл1; У3Сл1Сл2

В ходе выполнения третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая представлена в таблице А.1 приложения А. Полученный результат используется при выборе структуры работы, которые выполняются в ходе научно-исследовательского проекта.

5.5. Планирование научно-исследовательских работ

5.5.1. Структура работ научного исследования

При планировании научно-исследовательских работ осуществляется следующее:

- определяется структура работ научного исследования;
- назначение исполнителей отдельных частей работы;
- утверждение сроков выполнения работ;
- построение графика проведения работ.

При выполнении научно-исследовательской работы создается рабочая группа, которая состоит из научных сотрудников, преподавателей, инженеров, техников и лаборантов.

В таблице 16 представлен результат составления этапов и распределения исполнителей.

Таблица 16 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания Выбор направления исследований	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель
	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер совместно с лаборантом

Продолжение таблицы 16

Обобщение и оценка результатов	7	Сравнение результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Оформление отчета но НИР	9	Составление пояснительной записки	Инженер
	10	Публикация полученных результатов	Инженер
Основные этапы Разработка технического задания	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель

5.5.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Основной частью затрат при проектировании являются трудовые затраты, поэтому важной частью расчета является определение трудоемкости работы, выполняемых исполнителями.

Оценка трудоемкости научно-исследовательской работы определяется с помощью присвоения видам работ конкретных значений. Эти значения измеряются в человеко-днях и зависят от множества факторов.

Приведенная ниже формула используется для определения значений трудоемкости:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где,

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения работы;

t_{mini} – минимальная трудоемкость для выбранной работы.

$t_{\text{max}i}$ – максимальная трудоемкость для выбранной работы.

На основании полученных данных, вычисляется продолжительность каждого вида работы в рабочих днях T_p . При этом учитывается, что выполнение работы возможно несколькими сотрудниками. После этого производится расчет заработной платы с использованием показателей удельного веса зарплаты, который составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

где,

T_{pi} – продолжительность выполнения одного вида работы;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одного вида работы;

$Ч_i$ – количество исполнителей, которые выполняют один и тот же вид работы параллельно.

5.5.3. Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для построения ленточного графика в форме диаграммы Ганта, нужно перевести продолжительность каждого вида работ в календарные дни. Формула для перевода времени работы в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где,

T_{ki} – продолжительность выполнения одного вида работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения одного вида работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где, $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2016 год, количество календарных дней составляет 366 дней. Количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных – 105 дней, а количество праздничных дней – 14, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,48$$

Временные показатели проведения научного исследования, приведены в таблице Б.1, приложения Б. Календарный план-график проведения НИОКР представлен, в таблице В.1, приложения В.

5.5.4. Бюджет научно-технического исследования

При расчете суммы бюджета научно-технического исследования необходимо полностью охватить все статьи расходов, возникающих при его выполнении.

В ходе формирования бюджета научно-технического исследования затраты объединяются в следующие группы:

- финансовые затраты на НТИ;
- основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления в страховые фонды;
- расходы на командировки исполнителей;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.5.5. Основная заработная плата исполнителей темы

Эта статья расходов учитывает финансы, идущие на основную заработную плату исполнителей, которые принимают участие в разработке.

$$C_{осн / зп} = \sum t_i \cdot C_{зн_i} ,$$

где,

t_i - затраты труда, необходимые для выполнения определенного вида работы;

$C_{зн_i}$ - средняя зарплата за день для работника, выполняющего определенный вид работы.

Средняя заработная плата за день определяется по формуле:

$$C_{зн_i} = \frac{D + D \cdot K}{F} ,$$

где ,

D - месячный оклад работника;

K - районный коэффициент;

F – количество рабочих дней в месяце.

Затраты на оплату труда студента-дипломника могут определяться как оклад инженера кафедры (учебно-вспомогательный персоналу) в соответствии с квалификационным уровнем профессиональной квалификационной группы, либо по тарифной сетке, принятой на предприятии, где студент-дипломник проходил практику.

Расходы на основную заработную плату определяются как произведение трудоемкости работ каждого исполнителя на среднедневную заработную плату. Расчет затрат на основную и дополнительную заработную плату приведен в таблице 17 и 18 соответственно:

Таблица 17 – Расчет основной части заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	23264,8 б	1375,04	6	4	9	8250	5500	12375
Инженер	6976,22	412	49	51	54	20188	21012	22248
ИТОГО						28438	26512	34623

Таблица 18– Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	8250	5500	12375	0,15	1237,5	825	1856,25
Инженер	20188	21012	22248		3028,2	3151,8	3337,2
Итого					4265,7	3976,8	5193,45

5.5.6. Отчисления во внебюджетные фонды

Сумма страховых отчислений определяется с помощью данной формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где ,

$k_{внеб}$ – коэффициент отчислений для расчета суммы отчислений во внебюджетные фонды.

На 2016 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата руб			Дополнительная заработная плата руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	8250	5500	12375	1237,5	825	1856,25
Инженер	20188	21012	22248	3028,2	3151,8	3337,2
Коэффициент отчислений	0,271					
Итого						
Исполнение 1	6291,4 руб.					
Исполнение 2	6548,1 руб.					
Исполнение 3	6933,5 руб.					

5.5.7. Накладные расходы

Под накладными расходами понимаются прочие затраты, не рассмотренные в предыдущих статьях. Это расходы на электроэнергию, коммунальных услуг, услуг связи и доступа в интернет и др.

Величина накладных расходов определяется по данной формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

где ,

$k_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов.

Принимаем величину данного коэффициента равную 16%, тогда накладные расходы равны:

при первом исполнении $З_{\text{накл}} = 34623 \cdot 0,16 = 5539,6$ руб.

при втором исполнении $З_{\text{накл}} = 26512 \cdot 0,16 = 4241,9$ руб.

при третьем исполнении $З_{\text{накл}} = 28438 \cdot 0,16 = 4550$ руб.

5.5.8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Основным фактором для расчета бюджета проекта, является величина затрат научно-исследовательской работы. Проект бюджета защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат научно-технического исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	220346	222032	196540	Пункт 3.4.1

Продолжение таблицы 20

2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	28645	29940	25550	Пункт 3.4.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	67354	70527	60186	Пункт 3.4.3
4. Накладные расходы	50615	51599	45164	16 % от суммы ст. 1-5
5. Бюджет затрат НТИ	369960	374098	327440	Сумма ст. 1- 6

На основании данных анализа, полученных данных, можно сделать вывод о том, что варианта исполнения №2 является наиболее выгодным вариантом формирования бюджета затрат на научно-техническое исследование.

5.6. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

На основании расчета интегрального показателя эффективности научного исследования, происходит определение эффективности всего проекта. Для его расчета необходимо найти два средневзвешенных показателя, а именно показатель финансовой эффективности и показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования можно определить на основании результатов анализа финансовых затрат трех или более исполнений данного исследования. При этом наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где,

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{102791}{113714} = 0,90; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{97655}{113714} = 0,85;$$
$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{113714}{113714} = 1$$

Данное значение интегрального финансового показателя разработки показывает численное увеличение суммы финансовых затрат, либо снижение затрат на разработку.

Интегральный показатель ресурсоэффективности для различных вариантов исполнения определяется по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где,

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для определенного варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент данного варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка определенного варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – количество критериев сравнения.

Критерии, влияющие на значения интегрального показателя ресурсоэффективности, приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Критерии, влияющие на значения интегрального показателя ресурсоэффективности

Критерии	Весовой коэффициент	Нерегулируемый электропривод	Электропривод с тиристорным регулятором напряжения	Электропривод с преобразователем частоты
1. Безопасность	0,2	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	5
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,15	3	4	5
5. Надёжность	0,25	5	5	5

Продолжение таблицы 21

6.Материалоёмкость	0,15	4	4	4
Итого:	1,00	4,3	4,45	4,75
Критерии	Весовой коэффициент	Нерегулируемый электропривод	Электропривод с тиристорным регулятором напряжения	Электропривод с преобразователем частоты

$$I_{p-исп1} = 2*0.15+5*0.1+5*0.1+4*0.25+3*0.1+1*0.1+2*0.25 = 3.2$$

$$I_{p-исп2} = 4*0.15+3*0.1+3*0.1+5*0.25+2*0.1+4*0.1+1*0.25 = 3.2$$

$$I_{p-исп3} = 3*0.15+2*0.1+5*0.1+3*0.25+1*0.1+4*0.1+5*0.25 = 3.6$$

Определение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки, производится на основании интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального финансового показателя и вычисляется по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.}$$

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр1}} = \frac{3.1}{0.90} = 3.4; \quad I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр2}} = \frac{3.1}{0.85} = 3.64;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр3}} = \frac{3.5}{1} = 3.5$$

Определяется сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

В таблице 22 представлены показатели сравнительной эффективности разработки.

Таблица 22 – Показатели сравнительной эффективности разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,90	0,85	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,1	3,1	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	3,4	3,64	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,1	0,94

На основании проведенного анализа энерго-ресурсоэффективности и сравнения полученных показателей для различных исполнений, можно сделать вывод, что исполнение № 2 является наиболее выгодным. При этом исполнения №1 и №3 также имеют высокие показатели ресурсоэффективности и тоже могут быть применены при рассмотрении подобных задач.

VI. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

6.1. Понятие социальной ответственности

Под социальной ответственностью понимается необходимость каждого работника соблюдать, и отвечать за нарушение требований и правил, установленных для повышения безопасности. Она выражает характер взаимоотношений личности со всеми окружающими его субъектами предприятия[15].

Целями данного раздела являются выявление и анализ вредных и опасных факторов, возникновение которых возможно в виду исполнения прямых и косвенных функций предприятия, а также выработка мер по ограничению их воздействия на персонал.

В данном разделе объектом рассмотрения является электрооборудование жидкотопливной котельной базового исполнения.

Размещение, проектирование, строительство и эксплуатация объектов энергетики осуществляются в соответствии с требованиями статей 34 - 39 Федерального закона "Об охране окружающей среды".

При строительстве энергообъектов необходимо обеспечить безопасность зданий и сооружений при ЧС. Для этого заблаговременно организуется и приводится большой объем работ, направленный на повышение устойчивости работы объекта в чрезвычайных условиях. К ним относятся инженерно-технические и организационные мероприятия[16].

- Инженерно-техническими мероприятиями обеспечиваются повышение устойчивости промышленных зданий, сооружений, оборудования и коммуникаций предприятия к воздействию поражающих факторов ядерного оружия, стихийного бедствия.

- Организационные мероприятия обеспечивают безопасность работников при их непосредственном участии в производственном процессе, а так же в своевременном оповещении о возникновении экстренных ситуаций.

6.2. Анализ опасных и вредных факторов

В выпускной квалификационной работе рассматривается электрооборудование жидкотопливной котельной базового исполнения. Высокая степень автоматизации котельной позволяет отказаться от стандартного штата сотрудников. Таким котельным нужно лишь обеспечение своевременного обслуживания, что значительно снижает время пребывания в котельной, обеспечивая тем самым уменьшение влияния вредных факторов на персонал.

В процессе работы персонал подвергается воздействию целого ряда вредных факторов[17].

Опасные производственные факторы – это тип воздействия среды или трудового процесса, который может вызывать различные заболевания, ухудшение здоровья или смерть.

Вредные производственные факторы – это факторы трудовой среды, которые могут вызывать заболевания или снижение работоспособности человека.

На территории блочно-модульных, существует ряд различных вредных производственных факторов:

- поверхности оборудования котельной излучающие тепло;
- высокая температура воздуха;
- сниженная влажность воздуха;
- уровень шума, обусловленный работой электродвигателей и другого оборудования котельной;
- вибронагрузка которая, также обусловлена работой технологического оборудования;
- сниженный уровень освещения, это обусловлено отсутствием естественных источников света.
- повышенные концентрации окислов азота и окиси углерода;
- травмоопасный фактор, обусловленный наличием оборудования с вращающимися частями и теплоносителем под давлением.

6.3. Влияние выявленных опасных и вредных производственных факторов на организм человека

Условия труда – это совокупность производственных факторов и процесса труда, которые оказывают влияние на здоровье и работоспособность персонала в процессе трудовой деятельности.

6.3.1. Микроклимат

Одной из составляющих условий труда является микроклимат. На микроклимат влияют показатели температуры, влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне персонала. При этом данные показатели должны соответствовать оптимальным значениям, для того, что бы, не было нарушено функциональное и тепловое состояние человека [18],[19].

Оптимальные показатели микроклимата в помещениях котельной представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Расчетные параметры котельной установки

Период года	Категория работ	Оптимальная температура °С	Допустимая температура °С	Оптимальная влажность %	Допустимая влажность %	Скорость движения воздуха оптимальная м/с	Скорость движения воздуха допустимая м/с
Холодный	Легкая 1Б	21–23	20–24	40–60	15–75	0,1	≤ 0,2
Теплый	Легкая 1Б	22–24	21–28	40–60	15–75	0,2	0,1 – 0,3

6.3.2. Освещение

Правильно спроектированное и выполненное освещение в котельной, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

Поэтому блочно-модульные котельные обеспечиваются естественным и искусственным освещением. Электрическое освещение применяется для создания нормальных условий в помещениях с недостаточным естественным освещением, а также в темное время суток. Освещение подразделяется на основное, аварийное, переносное, прожекторное. Основное освещение получает питание от главного электрораспределительного щита и должно обеспечивать необходимую освещенность всего помещения. В качестве источников искусственного освещения применяются лампы накаливания, люминесцентные и газосветные.

Для расчета общего искусственного освещения рабочих зон, используется метод коэффициента светового потока. Этот метод учитывает световой поток, отраженный от прилегающих поверхностей.

Общий световой поток от ламп накаливания и блоков люминесцентных ламп рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{E_n \cdot K \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}$$

где,

E_n – минимально допустимая освещенность, лк;

S – значение площади данного помещения, м²;

K_z – коэффициент, учитывающий загрязнение светильника;

Z – коэффициент, неравномерности освещения;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока позволяет определить, какая часть света достигает поверхности рабочей зоны. Он зависит от значения индекса помещения, который в свою очередь определяется исходя из

параметров светильников и коэффициентов отражения света от прилегающих поверхностей.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}$$

Коэффициенты отражения представлены в таблице 24.

Таблица 24 - Значение коэффициентов отражения потолка и стен

Состояние потолка	$\rho_n, \%$	Состояние стен	$\rho_{ст}, \%$
Свежепобеленный	70	Свежепобеленные с окнами,	70
Побеленный, в сырых помещениях	50	закрытыми шторами	
Чистый бетонный	50	Свежепобеленные с окнами без	50
Светлый деревянный		штор	
(окрашенный)	50	Бетонные с окнами	30
Бетонный грязный	30	Оклеенные светлыми обоями	30
Деревянный неокрашенный	30	Грязные	10
Грязный (кузницы, склады)	10	Кирпичные неоштукатуренные	10
		С тёмными обоями	10

В таблице 25 приведены сочетания коэффициентов отражения и индексов помещения.

Таблица 25 - Коэффициенты использования светового потока
светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	ОД и ОДЛ			ОДР			Л71Б03 ОЛ1Б68		
$\rho_n, \%$	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_c, \%$	10	30	50	10	30	50	10	30	50
i									
0,5	23	26	31	21	24	28	14	16	19
0,6	30	33	37	27	30	34	18	20	22
0,7	35	38	42	32	35	38	21	23	25
0,8	39	41	45	35	37	41	23	25	27
0,9	42	44	48	38	40	43	25	27	29
1,0	44	46	49	40	42	45	26	28	30
1,1	46	48	51	41	43	46	27	29	31
1,25	48	50	53	43	45	48	29	30	32
1,5	50	52	56	45	48	51	30	31	34
1,75	52	55	58	47	50	53	31	33	35
2,0	55	57	60	50	52	54	33	34	36
2,25	57	59	62	52	54	56	34	35	37
2,5	59	61	64	53	55	58	35	36	39
3,0	60	62	66	54	56	60	36	37	40
3,5	61	64	67	56	57	61	37	38	40
4,0	63	65	68	57	58	62	38	39	41
5,0	64	66	70	58	60	63	38	40	42

На основании значений для определенного типа лампы, рассчитывается световой поток F . Далее выбирается нужная лампа и суммарная мощность всей системы освещения.

6.3.3. Неблагоприятное освещение

Неблагоприятное освещение появляется в результате неполадок в системе освещения. Для устранения данной проблемы в блочно-модульных котельных предусматривается обеспечение дневного света, а при его невозможности, установка искусственного освещения. Все участки рабочих зон, которые по каким либо причинам не освещены, должны быть оборудованы источниками электрического освещения.

Также в помещениях котельной предусмотрены системы аварийного освещения, которые используют для своего питания независимые источники энергии. В блочно-модульных котельных аварийным освещением должны быть обязательно оборудованы следующие участки рабочих зон:

- фронт котлов, а также проходы между котлами, сзади котлов и над котлами;
- тепловые щиты и пульты управления;
- водоуказательные и измерительные приборы;
- вентиляционная площадка;
- помещения для баков и деаэраторов;
- площадки и лестницы котлов;
- насосные помещения.

Низкий уровень освещенности рабочих зон приводит к повышению травматизма, а также к ухудшению здоровья оперативного и ремонтного персонала [20].

6.3.4. Повышенный уровень шума на рабочем месте

Для теплоэнергетического оборудования характерны механические, аэродинамические и гидродинамические шумы – неупорядочное распространение звуков разной интенсивности и чистоты, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека. В блочно-модульных котельных шум обусловлен наличием ряда причин:

- резкое изменение давления теплоносителя в системе;
- работа запорной арматуры;
- работа насосов и электродвигателей;
- движение потоков газа.

Повышенный уровень шума в пределах рабочей зоны оказывает вредное воздействие на здоровье и самочувствие персонала, при этом может происходить:

- снижение остроты слуха и зрения;
- нарушение работы сердечнососудистой системы;
- воздействие на нервную систему [21],[22].

Допустимый уровень шума в рабочей зоне персонала котельной нормирован и равен 80 дБА. Для снижения уровня шума в современных котельных используют шумоизоляцию и оборудование со сниженными показателями шума. Помимо этого, персонал должен использовать индивидуальные средства защиты органов слуха, наушники (антифоны), либо заглушки, вкладыши или шлемы.

6.3.5. Вибрация

Вибрация это совокупность механических колебательных движений, простейшим видом которых является гармоническое колебание.

При выполнении работ на оперативный персонал котельной действует общая вибрация 3 А категории. Продолжительное воздействие такой вибрации может привести к серьезным нарушениям здоровья и общему психофизическому состоянию человека, а в конечном счете к развитию «вибрационной болезни». Вибрация так же оказывает вредное воздействие на нервную систему человека, вызывает изменения в сердечно-сосудистой системе и вестибулярном аппарате [23].

Значения вибрации в рабочей зоне должны соответствовать гигиеническим нормам вибраций.

В таблице 26 представлены нормативные значения вибраций в рабочих зонах производственных помещений, для категории 3 А.

Таблица 26 – Нормативные значения технологической вибрации

Среднегеометрическая частота (корректированный уровень)	Весовой коэффициент	Нормативные значения уровня виброскорости, дБ
$z - 2$	- 16	108
$z - 4$	- 7	99
$z - 8$	- 1	93
$z - 16$	0	92
Корректированный уровень (ось z)		92

Для уменьшения вибрации котлоагрегаты установлены на самостоятельных фундаментах, а вспомогательное оборудование смонтировано с использованием виброгасителей. В качестве защитных средств от вредных факторов вибрации применяются гасящие вибрацию рукавицы и специальная обувь.

6.3.6. Тепловое излучение

В блочно-модульных котельных источниками теплового излучения являются трубопроводы горячей воды и трубы, служащие для удаления продуктов горения топлива.

В таблице 27 приведены допустимые величины интенсивности теплового облучения персонала в рабочей зоне в зависимости от количества облучаемой поверхности.

Таблица 27 – Интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25...50	70
Не более 25	100

Для защиты персонала от теплового излучения применяются:

- теплоизоляционные панели, отгораживающие горячие поверхности;
- общеобменная вентиляция или кондиционирование.

Также для защиты от теплового излучения применяются индивидуальные средства защиты, а именно:

- специальная одежда и обувь
- средства для защиты головы, органов дыхания и зрения

6.3.7. Химический фактор

Вредное вещество – это вещество, которое при контакте с организмом человека может оказывать вредное воздействие. При этом возможно получение человеком травм, профессиональных заболеваний или других отклонений в состоянии здоровья.

Одними из наиболее распространенных заболеваний, являются заболевания связанные воздействием на организм вредных веществ: гиперсенситивная пневмония, влажная лихорадка, астма, риниты, дермиты, а также инфекции: обычная простуда, грипп, болезни химического или физического происхождения.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). В таблице 28 представлены значения ПДК вредных веществ.

Таблица 28 – Значения ПДК вредных веществ

Наименование вещества	ПДК (ГОСТ 12.1.005-88*), мг/м ³	Класс опасности по ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны
Окислы азоты (в пересчете на NO ₂)	5	3
Оксид углерода	20	4

6.4. Охрана окружающей среды

Под охраной окружающей среды понимают совокупность международных, государственных и региональных правовых актов, инструкций и стандартов, доводящих общие юридические требования до каждого конкретного загрязнителя и обеспечивающих его заинтересованность в выполнении этих требований, конкретных природоохранных мероприятий по претворению в жизнь этих требований.

Только если все эти составные части соответствуют друг другу по содержанию и темпам развития, т.е. складываются в единую систему охраны окружающей природной среды, можно рассчитывать на успех.

Природоохранной является любая деятельность, направленная на сохранение качества окружающей среды на уровне, обеспечивающем устойчивость биосферы. К ней относится как крупномасштабная, осуществляемая на общегосударственном уровне деятельность по сохранению эталонных образцов нетронутой природы и разнообразия видов на Земле, так и деятельность отдельных предприятий по очистке от вредных веществ, сточных вод и отходящих газов, снижению норм использования природных ресурсов и т.д. Такая деятельность осуществляется в основном инженерными методами.

6.5. Защита в чрезвычайных ситуациях

6.5.1. Травмоопасность

Монотонность работы оператора котельной является основным фактором, усиливающим напряженность труда.

Механическая прочность оборудования обеспечивается предварительными испытаниями на прочность, путем проверки качества сварных швов, гидравлических испытаний.

В процессе эксплуатации котлоагрегатов, возможно возникновение коррозии и как следствие его механическое разрушение. Устойчивость оборудования к коррозии обеспечивается, как высокой коррозионной стойкостью конструктивных материалов, используемых при изготовлении котлов, так и путем применения антикоррозийных.

Также надежность работы котлоагрегатов, обеспечивается с помощью использования качественного оборудования водоподготовки. Главной задачей этого оборудования является борьба с коррозией и накипью. Для этого применяют следующие меры:

- деаэрация рабочей воды с целью снижения кислородной коррозии;
- подогрев теплоносителя для снижения низкотемпературной коррозии.

Все трубопроводы имеют в верхних точках воздушники, а в нижних точках и застойных зонах – дренажные устройства, соединенные непосредственно с атмосферой.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала котельной предусмотрены следующие защитные устройства:

- манометр, показывающий давление горячей воды;
- воздушно - указательные приборы для наблюдения за уровнем воды;
- водозапорный вентиль для регулирования расхода воды на котел;
- спускные и продувочные вентили;
- воздушные клапана для удаления воздуха из котла;
- манометр, показывающий давление перегретого пара;

- предохранительные клапана для автоматического выпуска избыточной воды из котлов.

Трубопроводы пара и горячей воды являются опасными вследствие высокой температуры на поверхности трубопроводов и могут послужить источниками ожогов на теле работников. Для предотвращения ожогов рабочие должны работать в выданной спецодежде (куртка, брюки) и обуви (рабочие ботинки) и пользоваться установленными средствами индивидуальной защиты (рукавицы комбинированные). Обслуживающему персоналу необходимо избегать длительного нахождения в местах стыков фланцевых соединений трубопроводов, находящихся под давлением, около гляделок, в местах, где возможно присутствие газов, около предохранительных клапанов, водоуказательных стёкол и т. д.

Помещение котельной должно быть освещено таким образом, чтобы гарантировать возможность правильного и безопасного обслуживания котлов

Кроме рабочего освещения предусмотрено аварийное освещение зон работ от самостоятельного источника питания электроэнергии, независимое от общей электроосветительной сети котельной, которое должно обеспечить работу котельной в случаях перебоев с электроэнергией.

В котельной предусмотрена защита оборудования, сигнализация, автоматическое регулирование и контроль параметров при эксплуатации.

Котёл должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом вручную при отказе в работе защитных средств в следующих случаях:

- повышение давления в барабане котла;
- прекращения действия всех питательных насосов;
- обнаружения неисправности предохранительного клапана;
- отклонение уровня воды в барабане выше допустимого уровня или понижения его ниже нижнего допустимого уровня;
- если в основных элементах котла будут обнаружены трещины, выпучены, пропуски в их сварных швах, обрыв анкерного болта или связи.

6.5.2. Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных, технических мероприятий, а также средств защиты от поражений человека электрическим током.

Организационные мероприятия включают в себя выбор рациональных режимов работы персонала по обслуживанию электроустановок, ограничение мест и времени пребывания персонала в зоне воздействия электрического тока.

Опасное и вредное воздействие на людей *электрического тока* проявляется в виде электротравм и профзаболеваний.

Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатели дымососов, вентиляторов.

Напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать значения, указанные в таблицах.

Напряжение прикосновения и токи при нормальных режимах работы электроустановок. Напряжение прикосновения и токи приведены в таблице 29 и 30.

Таблица 29 – Напряжение прикосновения и токи

Род тока	Напряжение	Сила тока
50 Гц переменный	Не более 2В	Не более 0,3 мА

Напряжение прикосновения и токи при аварийных режимах работы электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц.

Таблица 30 – Напряжение прикосновения и токи

Продолжительность воздействия, сек	Нормируемая величина	
	Напряжение, В	Сила тока, мА
0,01–0,08	220	220
0,1	200	200
0,2	100	100

Продолжение таблицы 30

0,3	70	70
0,4	55	55
0,5	50	50
0,6	40	40
0,7	35	35
0,8	30	30
0,9	27	27

Для предотвращения поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, следует использовать защитное заземление.

В качестве индивидуальных средств защиты от электрического тока применяются экранирующие комплекты (костюмы, перчатки, обувь), коврики, подставки, контактные выводы и перемычки, проводники с зажимами и т.д.

К коллективным методам защиты относятся плакаты, ограждения и знаки безопасности.

Производственно – отопительная котельная относится к третьему классу помещения по электроопасности, т.е. это помещение без повышенной опасности.

6.5.3. Пожаровзрывоопасность

Так как технологический процесс связан со сжиганием топлива, то возможный источник пожара в котельной – это утечка топлива из газопровода и образование взрывоопасной газовой смеси.

Действующим нормативным документом является:

Согласно ГОСТ [18] проектируемая котельная по пожарной безопасности относится к категории "Г", по огнестойкости строительных конструкций степень огнестойкости здания котельной II, класса В – 1А.

Категория "Г" означает негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, горючие газы и жидкости, которые сжигаются в качестве топлива. Класс В – 1А – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров легко воспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуется, а образование таких смесей возможно только в результате аварий и неисправностей. Источниками пожара могут быть утечка и скопление газа в котельной; неисправности электрооборудования, осветительных приборов; выход из строя приборов автоматики. При нарушении целостности газопроводов уходящих газов, или при разрушении обшивки и обмуровки котла, уходящие газы, имеющие высокую температуру, могут послужить причиной пожара

Для борьбы с пожаром котельная оборудована противопожарным инвентарем по существующим нормам противопожарной охраны.

В состав этого инвентаря входят: пенные химические огнетушители, порошковые огнетушители, гидранты, ящики с песком, лопаты, ведра.

Весь инвентарь расположен в доступном месте на входе в котельную.

Для быстрого вызова пожарной службы в котельной установлены системы сигнализации и связи.

6.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При системном подходе к анализу факторов безопасности эксплуатации оборудования котельных, в частности отказов в работе технологического оборудования, трубопроводов, систем управления, противоаварийной защиты позволяет снизить возможные последствия аварий в котельных цехах, ущерб и число пострадавших людей, оставшихся без теплоснабжения.

Осуществление превентивных мероприятий, направленных на повышение устойчивости функционирования котельных, надёжности эксплуатируемого оборудования предполагает инвестирование средств. При этом общество всегда ограничено в своих возможностях, поэтому встаёт вопрос о том, какие мероприятия по повышению безотказности оборудования, по снижению негативного воздействия на окружающую среду в результате эксплуатации котельных цехов целесообразно осуществлять в первую очередь, а какими можно пренебречь. Принятия подобного рода решений возможно с использованием системного анализа.

При рассмотрении вопроса безопасности котельных цехов все мероприятия можно разделить на две категории:

- мероприятия инженерно-технического характера;
- мероприятия организационно-правового характера.

Инженерно-технические мероприятия, касающиеся топлива, технологии, оборудования и повышения устойчивости функционирования котельных, являются мерами по снижению опасности источника, а мероприятия, касающиеся размещения котельных – это меры, обеспечивающие снижение промышленной и экологической безопасности котельных для элементов окружающей среды.

Наиболее перспективной и актуальной, для снижения количества отказов оборудования и обеспечению безопасности функционирования котельных цехов, является группа мер, которые можно скомпоновать по направлениям:

- ориентация на эксплуатацию трубопроводов из стойких к коррозии материалов;
- приоритетность внедрения полимерных материалов и теплоизоляции из невлагоёмких высокоэффективных утеплителей;
- внедрение полностью автоматизированных устройств, что поможет решить проблему повышения эффективности работы инженерной инфраструктуры путём регулирования и оптимизации работы агрегатов;
- из технологической цепи следует исключить ненадёжные устройства вращательного действия, заменить бойлеры установками нового поколения, например, на трансзвуковые струйно-форсуночные аппараты, не содержащие трущихся деталей;
- использование новых технологий подготовки воды и очистки от отложений на внутренних поверхностях теплообменников и котлов, применение новых методов прочистки подземных сетей тепло- и водоснабжения, в том числе бестраншейным способом;
- приоритетность применения более надёжной расходно-запорной арматуры.

Организационно-правовые мероприятия обеспечения безопасности функционирования котельных цехов можно разделить на три группы:

- организационные, такие как разработка планов работы котельных в зависимости от характеристик отапливаемых объектов, времени года и метеорологических условий, контроль над соблюдением правил техники безопасности, своевременная утилизация отходов;
- экономические: проведение аудита и страхования, установление лимитов на выбросы в атмосферу и размещение отходов, взимание платы за загрязнение окружающей среды;
- разработка прогнозов воздействия на окружающую среду в районе функционирования котельных: расчет влияния котельных на атмосферу, расчет риска возникновения токсических эффектов в результате загрязнения атмосферы у населения.

6.7. Охрана труда при работе в котельных установках

6.7.1. Общие требования безопасности по охране труда

К требованиям безопасности по охране труда относятся следующие условия:

- К работе в котельной допускаются рабочие прошедшие обучение и инструктаж по технике безопасности, овладевшие практическими навыками безопасного выполнения работ.

- Рабочий должен выполнять только те обязанности и ту работу, которая поручена администрацией и способы которой им хорошо усвоены.

- Обязан выполнять все положения настоящей инструкции по охране труда в котельной.

- Работать в спец. одежде.

6.7.2. Требования безопасности перед началом работы

- Привести рабочую спецодежду в порядок: застегнуть обшлага рукавов, поправить одежду.

- Принять смену от предыдущего кочегара.

- Проверить исправность кранов, задвижек, манометра, градусника, котлов, электронасосы, электрооборудование.

- Проверить положение вентилей и задвижек на заданный режим работ.

- Проверить заполнение отопительной системы водой, а если не полностью заполнена, заполнить покада потечет из контрольной трубы.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе был рассчитан электропривод подачи топлива жидкотопливной горелки. Рассчитанный электропривод отвечает поставленной задаче выпускной квалификационной работы. Горелка с выбранным электроприводом обеспечивает необходимую мощность котельной.

Был произведен выбор двигателя для питания, которого был выбран преобразователь частоты. Также были рассчитаны и выбраны основные силовые элементы преобразователя частоты, аппараты коммутации и защиты, соединительные провода.

Были рассчитаны механические и электромеханические характеристики системы регулируемого электропривода. Из полученных характеристик можно сделать вывод, что данный электропривод отвечает заданным требованиям диапазона регулирования. В ходе работы, в среде MATLAB Simulink был смоделирован данный электропривод и полученные результаты так же свидетельствуют о правильности расчетов.

Так же была составлена функциональная схема системы регулируемого электропривода, в которую входят блоки системы управления и силовой схемы, включая аппараты защиты.

Помимо всего прочего была выполнена специальная часть выпускной квалификационной работы. Был проведен анализ ресурсоэффективности с применением современных методов оценки по данному критерию. Была проведена оценка вредных и опасных факторов производства, возможных ЧС и требований экологической безопасности.

Список литературы

- 1 Дементьев Ю.Н, Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Электрический привод: учебное пособие.- Томск: Изд-во ТПУ, 2008. -224 с.
- 2 Герман-Галкин С. Г. Спектральный анализ процессов силовых полупроводниковых преобразователей в пакете MATLAB (R 13) // Научно-практический журнал "Exponenta Pro. Математика в приложениях", 2003, № 2. С. 80 - 82.
- 3 Семнов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов.- Москва: Изд- во СОЛОН-Р,2001.
- 4 Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем.- Изд-во Спб: КОРОНА принт, 2001
- 5 И.В.Черных. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 1-е издание, 2007 год, 288 стр., формат 17х24 см, мягкая обложка.
- 6 Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Учебное пособие.- Томск: Изд- во ТПУ,2004.
- 7 С. Грибачев, В. Козаченко. Новые микроконтроллеры фирмы Texas Instruments TMS320x24x для высокопроизводительных систем встроенного управления электроприводами. CHIP NEWS. Новости о микросхемах. N11-12(32-33), 1998г.
- 8 ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования безопасности.
- 9 В.П. Шеховцов 2010 352с. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок и промышленных механизмов.
- 10 Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о насосе URL: <http://nasos.info/catalog.php?mode=view&id=3022>
- 11 Электронный ресурс «Режимная наладка котлов»
<http://kotloman.ru/page/47>

- 12 Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
- 13 Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
- 14 Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
- 15 Методические указания по разработке раздела «Производственная и экологическая безопасность» выпускной квалификационной работы для студентов всех форм обучения /Сост. М.Э. Гусельников, В.Н. Извеков, Н. В. Крепша, В.Ф. Панин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 42 с.
- 16 Долин А.П. Справочник по технике безопасности. -М.: Энергоатомиздат, 1979. - 427 с.
- 17 ГОСТ 12.0.002 – 80. " ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы ".
- 18 СанПин 2.2.4.548 – 96 " Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений ".
- 19 ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ " Общие санитарно гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ".
- 20 СНиП 23-05-95* "Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования".
- 21 ГОСТ 12.1.003 – 83 "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности".
- 22 СН 3223 – 85 "Санитарные нормы уровней шума на рабочих местах".
- 23 ГОСТ 12.1.012 – 96 "Вибрационная безопасность. Общие требования".

Приложение А

Таблица А.1 - итоговая матрица SWOT анализа.

	<p>Сильные стороны</p> <p>научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3 Снижение стоимости технологии относительно конкурентов.</p> <p>С4. Бюджетное финансирование.</p> <p>С5. Высокая квалификация персонала.</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки.</p> <p>Сл2. Необходимость в приобретении специального оборудования для проведения испытаний прототипа.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Применение современной инфраструктуры электроэнергетического предприятия.</p> <p>В2.Возникновение на рынке дополнительного</p>	<p>В2В3В4С1</p> <p>В1С2С5</p> <p>В4С1С5</p> <p>В5С1С3С4С5</p>	<p>В2Сл2</p>

<p>спроса на разрабатываемый продукт.</p> <p>В3. Дополнительные расходы конкурентов на разработку новых проектов.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Низкий спрос на современные технологии производства.</p> <p>У2. Частое изменение нормативных документов.</p> <p>У3. Появление новых требований к продукту .</p>	<p>У1С5</p> <p>У3С1С3С4</p>	<p>У1Сл1</p> <p>У3Сл1Сл2</p>

Приложение Б





Таблица Б.1 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}				Длительность работ в календарных днях T_{ki}			
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожі}$, чел-дни											
	1исп	2исп	3исп	1исп	2исп	3исп	1исп	2исп	3исп		1исп	2исп	3исп	4исп	1исп	2исп	3исп	4исп
Составление и утверждение темы проекта	2	2	2	5	5	5	4	4	4	Руководитель	3	3	3	5	5	5		
Выдача задания по тематике проекта	1	1	1	2	2	2	2	2	2	Рук.– инженер	2	2	2	3	3	3		
Постановка задачи	1	1	1	2	2	2	2	2	2	Инженер	2	2	2	3	3	3		
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	3	1	2	5	2	4	4	2	3	Рук. – инженер	2	1	1,5	3	1	2		
Подбор литературы по тематике работы	7	6	7	10	8	10	9	7	9	Инженер	8	7	8	12	10	12		
Сбор материалов	14	14	14	17	17	17	15	15	15	Инженер	15	15	15	23	23	23		

Проведение теоретических обоснований	7	7	7	9	9	9	8	8	8	Инженер	8	8	8	12	12	12
Проведение теоретических расчетов	5	5	5	7	7	7	6	6	6	Инженер	6	6	6	9	9	9
Анализ полученных результатов	3	2	3	5	4	3	4	3	3	Рук. – инженер	3	1	3	4	2	4
Согласование полученных данных с научным руководителем	2	1	2	5	3	4	4	2	3	Рук. – инженер	1,5	1	1,5	2	1	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	3	3	3	3	3	3	Инженер	2,5	3	4	4	4	4
Работа над выводами по проекту	1	1	1	2	2	2	2	2	2	Инженер	2	2	2	3	3	3
Составление пояснительной записки к работе	4	4	4	6	6	6	5	5	5	Инженер	5	5	5	7	7	7

Приложение В

Таблица В.1 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнитель и	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, декады								
				март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	5									
2	Выдача задания по тематике проекта	Инженер	3									
3	Постановка задачи	Инженер	3									
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, Инженер	3		 							
5	Подбор литературы по тематике работы	Инженер	12									
6	Сбор материалов	Инженер	23									

7	Проведение теоретических обоснований	Инженер	12									
8	Проведение теоретических расчетов	Инженер	9									
9	Анализ полученных результатов	Руководите ль, Инженер	4									
10	Согласование полученных данных	Руководите ль, Инженер	2									
11	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	4									
12	Работа над выводами	Инженер	3									
13	Составление пояснительной записки	Инженер	7									

▨ - Руководитель ■ - Инженер